



## Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinde Rüzgâr Gücü ve Danimarka Örneği

### Wind Power in Turkey's Potential Renewable Energy and The Danish Model

Arda ÖZKAN<sup>a</sup>, Yeter DEMİR USLU<sup>b</sup>, Erman GEDİKLİ<sup>c</sup>

#### MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi	
Başvuru	29 Nisan 2022
Kabul	26 Ağustos 2022
Yayın	10 Ekim 2022
Makale Türü	Araştırma Makalesi

#### Anahtar Kelimeler

Yenilenebilir Enerji,  
Rüzgâr Enerjisi,  
Danimarka,  
Türkiye.

#### ÖZ

Türkiye, Avrupa'nın yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek devletleri arasında yer almasına ve enerji rezervleri açısından zengin olmasına rağmen, bu rezervleri tam kapasite ile kullanmayı sağlayacak bir teknoloji seviyesine ulaşamamıştır. Bu durum, sadece Türkiye açısından değil, dünya devletleri açısından da önem arz etmektedir. Dünyada özellikle de gelişmiş devletlerde temel bir enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji türleri üzerinde önemli çalışmalar yürütülmektedir. Bu gelişmiş devletlerden biri, rüzgâr enerjisi konusunda bilgi birikimine ve ileri teknolojiye sahip ülke olarak bilinen Danimarka'dır. Bu ülke, elektrik enerjisinin %48'ini 2020 yılı itibarıyla rüzgâr enerjisinden elde etmektedir. 2050 yılında ise enerjisinin tamamını yenilenebilir enerjiden elde etmeyi amaçlamaktadır. Türkiye'nin de rüzgâr enerjisi potansiyelinin yüksek olması nedeniyle, Danimarka ile iş birliği çerçevesinde kurulacak rüzgâr enerjisi santralleriyle elektrik tüketiminin önemli bir kısmını rüzgâr kaynağından karşılayan bir ülke olacağı öngörülebilir. Bu çalışmada, Türkiye'nin mevcut yenilenebilir enerji potansiyelinin önemine vurgu yapılarak, Danimarka'da rüzgâr enerjisi ile ilgili düzenlemelerin Türkiye'de de uygulanabilirliği incelenmiştir. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji sektöründe rüzgâr enerjisine ilişkin kuramsal bilgi birikiminin somutlaştırılması ve Danimarka örneğinin incelenmesi sonucu elde edilen verilerle Türkiye'de mevcut ve potansiyel durumlar için öngörüler oluşturulması hedeflenmiştir.

#### ARTICLE INFO

Article History	
Received	29 April 2022
Accepted	26 August 2022
Available Online	10 October 2022
Article Type	Research Article

#### Keywords

Renewable Energy,  
Wind Energy,  
Denmark,  
Turkey.

#### ABSTRACT

Turkey is a rich country in terms of energy reserves and it is one of the high potential countries for renewable energy in Europe, but it has not reached the full-capacity usage level of these sources technologically yet. These issues have great importance not only for Turkey but also for the rest of the world. Many comprehensive studies on the usage of renewable energy sources as the basic resource are in progress all over the world, especially in developed countries. One of these is Denmark known for having advanced technology and knowledge on the wind power issue. Denmark which obtains 48% (2020) of its electric energy from wind power, aims to obtain all of its energy needs from renewable energy sources by 2050. We can say that Turkey's potential for wind power will reach the condition of an electric energy-producing country through wind power plants established in cooperation with Denmark. In this article it will be examined the applicability of Denmark's wind power system in Turkey considering the importance of Turkey's potential for wind power. Within this scope, it is aimed that embodying the knowledge regarding the wind power system and performing better studies in line with the experiences gained from Denmark. In this context, we targeted to find inferences and potential situations, in Turkey, pointing out theoretical knowledge on wind energy in renewable energies in the direction of detailed analysis of the Danish case in technical terms.

✉ Sorumlu Yazar/Corresponding Author

<sup>a</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı, Ankara, E-Posta: ardaozkan83@hotmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6369-0748

<sup>b</sup> Prof. Dr., İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, E-Posta: yuslu@medipol.edu.tr, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8529-6466

<sup>c</sup> Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, E-Posta: egedikli@medipol.edu.tr, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5508-194X

△ Yazarlar bu çalışmanın tüm süreçlerinin araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu, etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine uyduğunu beyan etmiştir. Aksi bir durumda Akdeniz İİBF Dergisi sorumlu değildir.

## EXTENDED SUMMARY

The phenomenon of energy has become a compulsory consumption element of socio-economic life as well as industrialization today. Since energy is considered, one of the important inputs of other sectors of economies, governments need to create strategic energy policies. In addition to the limited use of fossil fuels since the Industrial Revolution and the increasing prices, the irreparable damage to the environment has increased scientific studies and sensitivities on this subject. As it is known, to prevent the climate change crisis caused by the global warming, the consumption of fossil fuels should be minimized and the energy infrastructure should be forced to consume renewable energy resources. Renewable energy sources constitute the most important resources for a sustainable economy and environmental area.

Energy, especially sustainable electrical energy, is a driving force for developing countries' economic development and social improvement. The use of energy resources within the framework of sustainable development purposes for the welfare of all humanity by evaluation together with environmental awareness has also found its place in various agreements created in the international arena. Today, the phenomenon of a liveable and sustainable world is at the top of the agenda of humanity. One of the reasons for the increase in the investments of states in renewable energy sources is the policies aimed at ensuring the security and sustainability of the energy supply. The use of renewable energy sources on behalf of all humanity is of vital importance to secure both the present and the future.

Wind energy, which is among the renewable energy sources, is an alternative energy type that is preferred and popular with its widespread use. The advantages of the wind energy source, which is increasingly used in the world, can be listed as follows. Wind turbines do not emit toxic gases because they use the wind as fuel. Since wind farms use only 1% of their land, it is possible to use the remaining areas for agricultural activities. Wind farms, hydraulic, thermal, etc. reached a level that could compete economically with power plants thanks to the development of technology and widespread use. The rate of foreign dependency on wind farms is also low. The energy consumed during the establishment phase of wind turbines can be produced in a short period of 3 months. In addition to all these positive contributions, we can list the disadvantages of wind energy as follows. Since energy production is dependent on wind, energy loss may occur with wind shear or decrease. Since it is a large rotating machine, it can cause bird deaths in the environment. The roughness of the area where the wind turbines will be installed or its proximity to the protected areas can also be a problem. In addition, the sound intensity generated by wind turbines can be reflected in the environment as noise. Wind turbines can also scatter electromagnetic waves if installed between a radio-TV or microwave transmitter and receiver.

When the advantages and disadvantages are evaluated together, it is understood that the advantages of wind energy are far more, and the disadvantages can be reduced by taking necessary precautions. Compared to the environmental damage caused by fossil resources to the world, the negative impact of wind energy is negligible.

Wind energy, one of the renewable energy types, is used as the main energy source in the world, especially in developed countries. One of these developed countries is Denmark, which has a lot of knowledge and advanced technology in wind energy. Denmark obtains about half of its electrical energy from wind energy. Having been producing wind power for over a century, Denmark is also a pioneer in the production of wind turbines. The Off-Shore wind power plant capacity of Denmark, as a state with the highest weight of wind energy in electricity production in the world, ranks first. The country, which has been implementing a fixed price guarantee incentive for energy since 1993, is considered to practice the example among EU member states with this support mechanism system.

Policy-makers in a state need to create an ecosystem-based mechanism to effectively carry out the transformation in energy production and consumption. To develop the renewable energy resources investments of the countries, not only the financial support but also the education, legal, and production infrastructure should be designed in a way that supports the developments in this field. When evaluated from a holistic perspective, the fact that Denmark is one of the world's leading states in wind energy, from component production to educational opportunities, is an important factor in considering it as a model country to make inferences for Turkey. Technical analyses conducted in the past have reported that the calculated wind speeds in Turkey have a significant potential to meet the increasing energy demand.

Turkey needs to benefit more from wind energy to ensure the sustainability of energy resources and alleviate the burden of energy costs on the economy. Turkey, which is quite poor in terms of fossil fuel resources, is among the best states in Europe in terms of the potential power of renewable energy resources. However, Turkey has a long way to go in the use of these energy resources. Natural gas, which is much more environmentally friendly than other fossil sources in terms of damage to the environment, is found in limited quantities on earth. However, the costs of natural gas that Turkey meets by importing in the next half-century will be higher than the current level. In this respect, the replacement of natural gas-based energy systems by Denmark, especially at the point of reducing external dependency, with systems connected to renewable energy sources can constitute an important model for Turkey's strategies for energy supply security.

Turkey has great potential in terms of renewable energy types such as solar, wind, hydraulic, biomass, and geothermal. Contrary to these, Turkey does not have rich mineral reserves such as oil, natural gas, coal, lignite, and asphaltite. Increasing and high costs of imported energy production and consumption lead Turkey to renewable and especially domestic energy sources in energy investments. While strategies for the establishment of new and more wind power plants are dominant in Turkey, there are projects, supports, and incentives in Denmark that support especially Off-Shore wind power plants to be built on the sea, as well as saving measures. The lack of extra support for Off-Shore wind power plants in Turkey and the fact that all existing power plants are located On-Shore can be shown as deficiencies in this area. In this context, Turkey needs to revise its savings and energy strategies in a way that covers

all the stakeholders of the country's energy consumption in line with the savings measures implemented by Denmark. It needs to do more cooperate about energy efficiency, make more efforts within the scope of innovation and new technologies, and increase incentives, which are low compared to other European countries.

It is predicted that this study, which focuses on wind energy, one of the renewable energy sources, and takes Denmark, which has a significant experience, as a model, will contribute to the prominence of wind energy in Turkey's renewable energy resources. However, this study will also appeal to practitioners in the field by emphasizing the theoretical knowledge in the field of renewable energy and emphasizing Denmark's knowledge and experience. As a matter of fact, this study examines the applicability of Denmark's achievements in the field of the wind energy sector to Turkey which has a significant renewable energy potential in terms of wind energy. Considering the limitations of the study, there was not enough research in the context of the literature. Still, the good practices of Denmark in the field of wind energy serve as a model for Turkey. Additionally, the importance and actuality of the issue make this study original, since it is informative for other states that take wind energy into their agenda.

## 1. Giriş

Enerji olgusu, günümüzde ekonomik ve sosyal yaşamın zorunlu bir tüketim unsuru olmuştur. Sanayi Devrimi'nden günümüze kadar kullanımı devam eden fosil yakıtların sınırlı olması ve fiyatlarının gün geçtikçe artmasının yanı sıra çevreye verdiği zararların telafi edilemez boyutlara ulaşması, konu ile ilgili bilimsel çalışmaları ve hassasiyetleri artırmıştır. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji kaynakları, hem sürdürülebilir bir ekonomi modeli hem de çevresel güvenliğin sağlanması bakımından enerji piyasasında en önemli gündem maddesi olmaya başlamıştır.

Enerji sektörü, ülke ekonomisinin tüm sektörlerinin en önemli girdilerden biri olarak sayılmaktadır. Bu nedenle, devletlerden sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşabilmeleri adına istikrarlı ve rasyonel enerji politikalarını oluşturması beklenmektedir. Enerjinin arz güvenliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik politikaların oluşturulması, yenilenebilir enerji yatırımlarının artmasına işaret etmektedir. Son yıllarda devletlerin destek sağlamasıyla yenilenebilir enerji teknolojisine yapılan yatırımlarda artışlar gözlenmektedir. Bu kapsamda, esasen pahalı olan ve ileri teknoloji gerektiren yenilenebilir enerji yatırımlarının kullanımı yaygınlaşmaya ve maliyetleri de azalmaya başlamıştır (Karagöl ve Kavaz, 2017:12).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında bulunan rüzgâr enerjisi de tercih edilen ve yaygın kullanımıyla popüler olan alternatif bir enerji türüdür. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma konusunda girişimlerde bulunan Türkiye'de ise 2005 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu ile rüzgâr enerjisi gücü hızlı bir gelişme göstermiştir. Öyle ki, hesaplanan rüzgâr hızının artan enerji talebini karşılayacak kadar önemli bir potansiyel taşıdığını yapılan teknik değerlendirmeler raporlamıştır (Koçaslan, 2010). Enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması ve enerji maliyetlerinin ekonomi üzerinde

oluşturduğu yükün hafifletilebilmesi için rüzgâr enerjisinden daha fazla faydalanılması gerekmektedir.

Türkiye'deki enerji kaynaklarına genel olarak baktığımızda, yenilenebilir ve fosil enerji kaynakları olarak iki temel başlık çerçevesinde inceleyebiliriz. Türkiye, güneş, rüzgâr, hidrolik, biyo-kütle ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji türleri bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Bunların aksine petrol, doğalgaz, maden kömürü, linyit, asfaltit gibi maden türleri açısından zengin rezervler bulunmamaktadır. İthal kaynaklı enerji üretiminin ve tüketiminin artan ve yüksek maliyetleri, Türkiye'yi enerji yatırımlarında yenilenebilir, temiz ve özellikle yerli enerji kaynaklarına yönlendirmektedir (Yılmaz, 2012:38-46). Nitekim, dolar kurunda yaşanan dalgalanmalar, küresel politik ortam ve toplumsal olaylar devletlerin enerji arz güvenliği olumsuz yönde etkilemektedir.

Fosil yakıt kaynakları açısından fakir durumda olan Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyel gücü bakımından Avrupa'nın en iyi devletleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı sırasıyla doğalgaz, kömür, petrol, hidroelektrik enerji ve diğer yenilenebilir enerji türleridir. Fosil yakıtların çok yakın gelecekte tükenecek olması nedeniyle, Türkiye'nin bu kaynaklar üzerinde herhangi bir enerji planlaması yapmaması normaldir. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında alması gereken uzun bir yol bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmasına da büyük katkı sağlayacaktır. Türkiye'nin cari açık verilerinin büyük bir kısmını, enerji ihtiyacının karşılanmasına ilişkin yapılan ithalat kalemleri oluşturmaktadır (Koç ve Kaya, 2015:40-46).

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından sadece rüzgâr enerjisine odaklanılmış ve önemli tecrübeye sahip olan Danimarka model olarak alınmıştır. Bilindiği gibi, bir ülkedeki karar alıcıların enerji üretimi ve tüketimi hususundaki dönüşümün efektif bir şekilde yürütülebilmesi adına ekosistem tabanlı bir mekanizma oluşturması önem taşımaktadır. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının geliştirilmesi amacıyla sadece maddi desteklerin değil, fakat aynı zamanda eğitim, hukuksal ve üretim altyapısının bu alandaki gelişmeleri destekleyen bir biçimde tasarlanması gerekmektedir. Enerji piyasasında yaşanan gelişmeler bütüncül bir perspektifle değerlendirildiğinde, Danimarka'nın rüzgâr enerjisi konusunda parça üretiminden eğitim olanaklarına kadar dünyanın öncü ülkelerinden biri olması, Türkiye açısından birtakım çıkarımlarda bulunabilmek için model ülke olarak alınmasında önemli bir etken olmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisine dikkat çekilen ve önemli bir tecrübeye sahip olan Danimarka'nın örnek alındığı bu çalışmanın, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarında rüzgâr enerjisinin daha çok ön plana çıkmasına katkıda bulunacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte, bu çalışma yenilenebilir enerji alanına ilişkin kuramsal bilgi birikiminin somutlaştırılması ve Danimarka'nın sahip olduğu bilgileri ve deneyimleri vurgulamak suretiyle sahadaki uygulayıcılara da hitap etmektedir. Nitekim, bu çalışmada, Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelindeki önemi rüzgâr enerjisi özelinde dikkate alınarak Danimarka'daki gelişmelerin Türkiye'de uygulanabilirliği incelenmiştir. Literatürde bu

konuda yeterli sayıda araştırmaya rastlanmaması, Danimarka'nın rüzgâr enerjisi konusundaki iyi uygulama örneklerinin sadece Türkiye açısından model alınması noktasında değil, aynı zamanda rüzgâr enerjisi gücünü gündemine alan diğer devletler açısından da bilgilendirici niteliğinin olması, çalışmanın özgünlüğü bakımından önemli bir husustur.

## 2. Yenilenebilir Enerji Sektöründe Rüzgâr Enerjisinin Önemi

1973 yılında yaşanan petrol krizinin ardından gündeme gelen enerji güvenliği ve kaynaklarının çeşitlendirilmesi konularıyla beraber, dünya enerji piyasasında yeni enerji kaynakları kendine yer edinmeye başlamıştır (Çukurçayır ve Sağır, 2008:272). Çevresel farkındalığın oluşması, yenilenemeyen fosil yakıtların tüketimlerinin ekosistemler üzerinde yerel, bölgesel ve küresel düzeyde çevresel zararlarının anlaşılması, gezegeni kirletmeyen ve temiz enerji kaynaklarının destek görmesine neden olmuştur (Büyükmihçi, 2003: 15). 1990'lı yıllarda ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmış ve teknolojisi ilerlemiştir. Fosil yakıtların ise çevreye zararlarının fark edilmesiyle birlikte, çevreyi kirletmeyen yeni enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır (Seydioğulları, 2013:20).

Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, dalga ve biyo-kütle enerjisinden oluşan alternatif enerji kaynakları, yenilenebilir olması, tükenmemesi, çevreyi bugünkü imkanlar dahilinde az kirletmesi ve daha da önemlisi güvenli olması gibi özellikleriyle fosil kaynaklardan farklı özellikler taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, genellikle ülke sınırları içinde bulunmaktadır. Yakıt yönünden herhangi bir tehlike oluşturmamasının yanı sıra terörist saldırılar gibi dış etkenlere karşı daha iyi korunabilmektedir. Acil enerji ihtiyacı olan bölgelere hızlı bir şekilde götürülebilir olması, yeni elektrik santralleri ya da enerji hatlarının kurulması için zaman kazandırabilir olması ve yatırım risklerini azaltması diğer tercih sebepleri olarak sıralanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji temininin de ötesinde örneğin medya kanallarıyla ve eğitim yoluyla toplumsal bilinçlenmenin de bir aracı olarak değerlendirilebilir.

Sürdürülebilir ve temiz olmaları, doğada süreklilik arz ederek yenilenebilir olmaları ve sera gazı salınımını azaltarak çevreye zarar vermemeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli özelliklerindedir. Küresel enerji arzının tamamına yakınının 2050 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynağından sağlanabileceğini vurgulayan Dünya Koruma Vakfı'nın (WWF) hazırladığı "Enerji Raporu: 2050 yılında %100 Yenilenebilir Enerji" bu noktada dikkat çekmektedir (WWF, 2011). Ekonomik, toplumsal, hukuksal ve teknik anlamda oluşturulacak evrensel dönüşümler ve alınacak önlemlerle beraber yenilenebilir enerjinin gelecekte fosil rezervlerin yerine kullanılması mümkün olacaktır. Bunu gerçekleştirmek adına hem devletler hem sivil toplum kuruluşları hem de vatandaşlara önemli görevler düşmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi kaynağına baktığımızda ise, rüzgâr enerjisi doğada serbest ve bol bulunan, güvenilir, sürekli ve temiz bir enerji kaynağıdır. Bunlarla birlikte, rüzgâr enerjisi gücü, mekan ve zaman, topografik koşullar ve hava olaylarına göre

değişiklikler göstermektedir. Bilindiği gibi, rüzgâr, güneşin atmosferi ve yeryüzünü her yerde ve aynı derecede ısıtmamasından kaynaklı sıcaklık ve basınç farkları sonucunda oluşmaktadır. Bu noktada, rüzgâr enerjisini üretme potansiyelinin farklı devletlerde farklı değişimler gösterdiğini de söylemek yanlış olmayacaktır.

Rüzgâr enerjisi, düşey ve yatay eksenli rüzgâr türbinleri vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Genellikle elektrik üretmek için rüzgâr enerjisinden yararlanılmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2008:264). Dünyada giderek kullanımı yaygınlaşan rüzgâr enerjisinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kahraman, Özceyhan ve Çerçi, 2003:179):

- Yakıt olarak rüzgârı kullandıklarından rüzgâr türbinleri zehirli gaz salınımı yapmazlar.
  - Rüzgâr çiftlikleri buldukları arazinin sadece %1'lik bölümünü kullandıkları için kalan alanların tarımsal faaliyetlerde kullanılması mümkündür.
  - Rüzgâr çiftlikleri, teknolojinin gelişmesi ve kullanımının yaygınlaşmasıyla hidrolik, termik, vb. santrallerle ekonomik anlamda rekabet edecek seviyeye ulaşmıştır.
  - Rüzgâr çiftliklerinde dışa bağımlılık oranı çok azdır.
  - Rüzgâr türbinlerinin kuruluş aşamasında harcanan enerji 3 ay gibi kısa bir sürede üretilmektedir.
- Bütün bu avantajlarının yanında rüzgâr enerjisinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Dereli, 2001; DPT, 2001):

- Enerji üretim işlemi, rüzgâra bağımlı bir iş olduğu için rüzgâr kesilmesi veya azalması ile enerji kaybı oluşabilmektedir.
  - Rüzgâr türbini, büyük döner bir makine olmasından dolayı yakın çevrede kuşların ölmesine neden olabilmektedir.
  - Rüzgâr türbinlerinin kurulacağı alanın sit alanlarına veya engebeli bir araziye yakınlığı sorun teşkil edebilmektedir.
  - Rüzgâr türbinlerinin ortaya çıkardığı ses şiddeti çevreye gürültü olarak yayılabilmektedir.
  - Rüzgâr türbinleri radyo, televizyon veya mikrodalga iletilicileri ve alıcıları arasına kurulduysa, elektromanyetik dalgayı dağıtabilmektedir.
- Avantajları dezavantajları ile birlikte değerlendirildiğinde, rüzgâr enerjisinin artı niteliklerinin fazla olduğu ve eksilerinin de gerekli önlemler alınarak azaltılabileceği kanısındayız. Fosil kaynakların dünyaya verdiği çevresel zararlarla karşılaştırıldığında, rüzgâr enerjisinin oluşturduğu olumsuz etkiler önemsenmeyecek kadar azdır.

Son zamanlarda gelişen teknolojilerle rüzgâr türbinlerinin düşük maliyetli, daha verimli ve güvenli bir mekanizmaya sahip olmaları sağlanmıştır. 50-100 KW'lık küçük ve orta ölçekli türbinler, artık 1 MW ve daha üst seviyelere ulaşmışlardır. Teknolojik gelişmelerle birlikte, rüzgâr türbinlerinin güç kapasitesi 8MW'a ve kanat çapı 164 m'ye erişmiştir. Ayrıca, rüzgâr çiftlikleri de ulusal ve uluslararası elektrik sistemleri ile bütünleşebilecek kapasiteye ulaşmıştır (Şenel ve Koç, 2015:48).

## 3. Dünyada Rüzgâr Enerjisi ve Danimarka

Dünyada rüzgâr enerji sanayisi son yıllarda bir hayli gelişmiş ve bu alanda rekabet artmıştır. Devletler arasındaki rekabet arttıkça hem rüzgâr enerjisi santral kurulum maliyetleri eskiye oranla azalmış hem de yeni teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Rüzgâr enerji sanayisinde

yaşanan bu gelişmeler, rüzgâr gücünden üretilen elektriğin maliyetini düşürmüş ve yenilenebilir enerji kaynaklarını hidrokarbon kaynaklı fosil yakıtlarla rekabet edebilir bir düzeye çıkarmıştır (REN21, 2014).

Dünyadaki enerji rezervlerinin durumu dikkate alındığında, rüzgâr enerjisi gücünden yararlanmanın hem enerji güvenliği hem de çevresel güvenlik açısından önemli olduğunu söyleyebiliriz. Nitekim, istatistikler, dünyada mevcut enerji rezervlerinin tükenme zamanının yaklaşık olarak petrol için 40 yıl, doğalgaz için 60 yıl, kömür için 200 yıl olduğunu göstermektedir. Enerji piyasası, fosil kaynakların yakın gelecekte tükenerek olması, istikrarlı olmayan ve sürekli artan fiyatlar ile fosil enerji kaynaklarının teminindeki sorunlardan dolayı zaman zaman zora girebilmektedir. Rüzgâr enerjisi sektöründe ise bu verinin sonsuz olduğunu söylemek mümkündür (Dereli, 2001; Güler, 2009: 473).

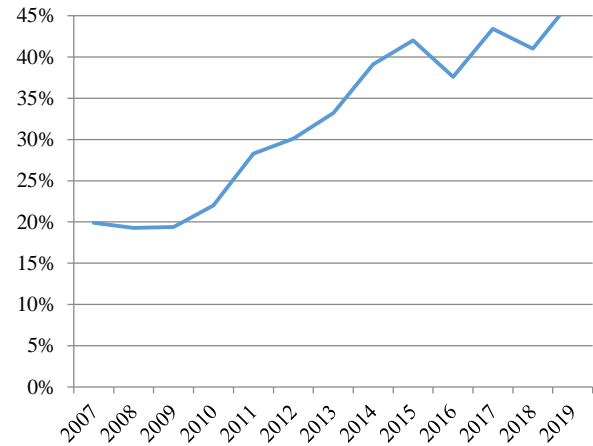
Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi konusunda ABD, Çin, Almanya, İspanya ve Hindistan öncü ülkelerdir (Korukçu ve Kılıç, 2011:19-20). Yaklaşık yüz yıldır rüzgâr enerjisi üretim deneyimi olan Danimarka da, bu konuda hem bilgi birikimi hem de teknolojik ilerleme bakımından öncü devletlerden biridir. Danimarka rüzgâr türbinleri üretiminde de öncüdür. Danimarka menşeli *Vestas*, dünyada mevcut rüzgâr enerjisi kapasitesinde %16,7'lik oranla 1. sırada bulunmaktadır (Hill, 2018).

Rüzgâr gücünün enerjiye çevrilerek elektrik üretilmesi Danimarka'da ilk olarak 1891 yılında gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr teknolojisi, bu yıllardan itibaren adım adım gelişme sürecine girmiştir (Erdoğan, 2009: 1364). 19. yüzyılın sonlarına kadar uzanan türbin tasarımı geçmişle rüzgâr enerjisi, fosil yakıtlardan elektrik üretimini dengelemek amacıyla Danimarka'nın önemli bir teknolojik seçeneği olmuştur (Heymann, 1998). Danimarka hükümeti ülke genelinde rüzgâr yatırımlarını teşvik etmek için çeşitli politikalar uygulamıştır. Sürdürülebilir politika hedeflerinin bir sonucu olarak Danimarka, 1980'ler ve 1990'larda hem türbin tasarımında hem de kurulu rüzgâr kapasitesinde liderliği üstlenmiş ve dünyadaki en modern rüzgâr endüstrilerinden birine sahip olmuştur (Cook ve Lawel, 2019:4). Danimarka 1991 yılında önce 5 MW, daha sonra 11 tane 450 KW gücünde türbin inşa ederek, *Vindeby* ismini taşıyan ilk deniz aşırı rüzgâr santralini kurmuş ve bu sektörde bir ilki gerçekleştirmiştir. Rüzgâr enerjisinde geline bu noktada Danimarka, deneme amaçlı çeşitli projeler ile devam etmiş, 160-165 MW gücündeki *Nysted* ve *Horns Rev 1* isimli iki dev proje 2002 ve 2003 yıllarında peşpeşe faaliyete başlamıştır (Şahin, 2020:55).

1973 yılında yaşanan petrol krizinden önce Danimarka önemli ölçüde petrol ithalatı yapmaktaydı. Söz konusu krizden sonra dünyada enerji tasarrufu seferberliği başlamış ve yeni enerji politikaları aranmaya başlanmıştır. Petrol krizi sonrasında birçok devlet enerji tasarrufu ile ilgili çalışmalar yürütmüş, ancak birçoğu bu çalışmalarını yarıda bırakmıştır. Danimarka ise edinmiş olduğu tecrübenin yanı sıra enerji konusunda kendi ihtiyaçlarını karşılayabilen bir ülke haline gelmiştir. Ülkenin son yıllarda gereksinim duyduğu enerjinin yarısını yenilenebilir enerji kaynaklarından tedarik etmeyi hedefleyen politikaları, 2020 yılında elektrik tüketiminin %48'ini rüzgâr enerjisinden sağlayarak büyük başarıya ulaşmıştır. Dünyada elektrik üretiminde rüzgâr gücü ağırlığının en fazla olduğu

Danimarka'nın Off-Shore (deniz aşırı) rüzgâr enerjisi santral kapasitesi ilk sıralarda gelmektedir. 1993 yılından itibaren enerji konusunda sabit fiyat garantisi teşviki uygulayan Danimarka, bu teşvik sistemiyle AB üyesi devletler arasında en iyi uygulama örneğine sahip ülke olarak kabul edilmektedir (Ayanoğlu, 2013).

2017 yılında Avrupa'da kurulan rüzgâr enerjisi gücü 16,8 GW'tır. Bu kurulu gücün 15,6 GW'ı AB'ye üye ülkelerin sınırları içerisinde yer almaktadır. 2017 yılı verilerine göre, AB üye ülkelerinin toplam elektrik tüketiminin (2,906 TWh) %11,6'sı (336 TWh) rüzgâr enerjisi ile karşılanmıştır. AB, 2021 yılında yeni kapasite ile 17.4 GW'lık rüzgâr enerji santralleri kurmuştur. Bu veri, 2020 yılına göre %18 oranında bir artış anlamına gelmektedir. 2021 yılı verilerine göre, AB'de Danimarka (%44), İrlanda (%31) ve Portekiz (%26) enerji tüketiminin en fazla rüzgâr enerjisi ile sağlandığı ülkeler arasında yer almıştır (Wind Europe, 2022). Bu arada, 2020 yılı, dünyada rüzgâr enerji santrallerinin toplam kapasitesi %53 büyüme oranı ile tarihteki en iyi yıl olarak kayda geçmiştir (Global Wind Energy Council, 2021). Dünya ortalamasına göre yüksek seviyede elektrik tüketimini rüzgâr enerjisinden karşılama oranına sahip olan Danimarka, bu noktada iyi bir uygulama örneği sergilemektedir.



Şekil 1. Danimarka'nın 2007-2019 Yılları Arasında Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Tüketimini Karşılama Oranı

**Kaynak:** Energinet, 2020.

Rüzgâr enerjisi konusunda dünyanın lider ülkelerinden olan Danimarka, ülkenin toplam enerji ihtiyacı seviyesinden çok daha fazlasını rüzgâr enerjisinden karşılamayı başarmıştır. Danimarka, jeopolitik konumuyla da rüzgâr enerjisi üretmeye elverişlidir. Öyle ki, normal seyrinden yüksek rüzgâr sayesinde Danimarka, ihtiyacından daha fazla enerji üreterek ihtiyaç fazlası enerjisinin %80'ini Norveç ve Almanya ile paylaşmış, %20'sini İsveç'e aktarmıştır. Buradan ülkelerin enerji ihtiyacının tamamını yenilenebilir enerji ile karşılanmasının bir hayal olmaktan çıkıp gerçekleştirilebilir bir hedef olduğu sonucuna varabiliriz (Özbirdinci, 2015).

Danimarka, 2050 yılına kadar fosil yakıt kaynaklı enerji üretimine son vermeyi ve enerji ihtiyacının tamamını yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmeyi hedeflemektedir. Danimarka sahip olduğu teknoloji ve deneyimini yeni iş birlikleri kurmak hedefiyle, diğer başka ülkelerde yaptığı gibi, Türkiye'de de enerji, çevre, araştırma ve inovasyon konularında sorumlu olacak bir diplomat

görevlendirmiştir (Energyaero, 2015). Türkiye ile Danimarka arasındaki ilişkileri geliştirmeyi amaçlayan bu girişim, yeşil büyüme ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında sürdürülebilir mal, hizmet ve ürünler, yeşil teknoloji çözümleri ve mühendislik, yenilenebilir ve temiz enerji sektörlerinde katma değer yaratmayı ve bilgi alışverişinde bulunmayı hedeflemektedir. İki devlet arasındaki bu strateji, hem 2050 yılına kadar fosil yakıtların kullanımına son vermeyi ve enerji ihtiyacının tümünü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmeyi planlayan Danimarka açısından hem de 2030 yılında enerjisinin %30'unu yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanmayı hedefleyen Türkiye açısından önemli bir iş birliği alanı yaratmıştır.

#### 4. Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisi Profili

Enerji kaynaklarını çeşitlendirmek, yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmek ve yenilenebilir enerjinin diğer alternatif kaynaklar arasındaki payını yükseltmek, Türkiye'nin enerji güvenliğini sağlamak bakımından önemlidir (Karagöl ve Kavaz, 2017; Aliefendioğlu, Demir ve Tanrıvermiş, 2017). Enerji güvenliği konusu, 4A Yaklaşımı olarak bilinen erişilebilirlik (accessibility), mevcudiyet (availability), ekonomiklik (affordability) ve sosyal kabul edilebilirlik (acceptability) boyutlarıyla yenilenebilir enerjinin getirdiği yenilikler ve bu süreçte karşı karşıya kalınan zorluklar açısından tartışılmaktadır (Hatipoğlu, 2019). Türkiye'de de yenilenebilir enerjinin verimli kullanılması, 4A Yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilebilir.

Türkiye, uzun kıyı şeridiyle, düzenli ve sürekli olarak rüzgâr alan yöreleriyle Avrupa'nın rüzgâr enerji potansiyeli yüksek ülkeleri arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin (50 m rakımda) karada 37.83 MW ve denizde 10.01 MW olmak üzere teknik olarak toplam 47.84 (~ 48.00) MW potansiyeli

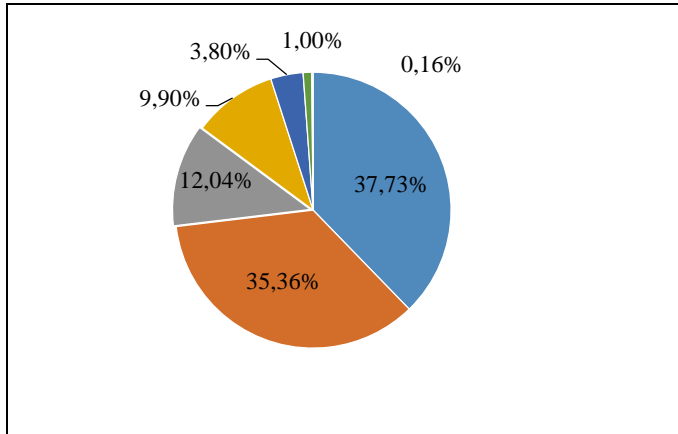
olduğu hesaplanmıştır (Çalışkan, 2010). Ayrıca, bu potansiyele karşılık gelen toplam alan, diğer bir deyişle, rüzgâr santrallerinin işgal ettiği alanlar, Türkiye'nin yüz ölçümünün sadece %1,3'üne denk gelmektedir. Fakat, Türkiye, bu potansiyeli yeterince değerlendirememektedir. Yine de Türkiye'de 2007 yılından günümüze kadar kurulan rüzgâr enerjisi santralleri devamlı bir artış göstermiştir. 2020 yılının ilk altı ayında rüzgâr enerjisinden elde edilen toplam elektrik enerjisi 11.506.233 KW seviyesine çıkmıştır. Bu miktar, Türkiye'de üretilen toplam elektriğin %8,5 MW'ını oluşturmaktadır. Türkiye için önem arz eden rüzgâr enerjisinin enerjide dışa bağımlılığı azaltması açısından da düşünülmesi gerekmektedir.

**Tablo 1.** 2020 Yılı İtibariyle İşletmede Bulunan ve İnşa Halindeki Rüzgâr Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölgeler	İşletmede Bulunan Santraller		İnşa Halindeki Santraller	
	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güç (%)	Güç (MW)	Güç (%)
Ege	3.511,00	37,73	165,90	8,86
Marmara	3.290,72	35,36	1.487,43	79,45
Akdeniz	1.120,20	12,04	19,20	1,03
İç Anadolu	921,05	9,90	110,40	5,90
Karadeniz	353,80	3,80	7,20	1,92
Güneydoğu Anadolu	93,05	1,00	-	-
Doğu Anadolu	15,20	0,16	53,20	2,84

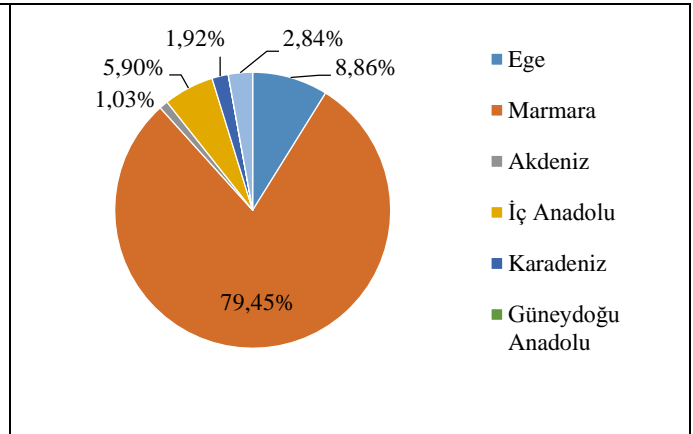
**Kaynak:** TÜREB, (2021).

Türkiye'de 207 adet Rüzgâr Enerji Santrali (RES) aktif olarak enerji üretmeye devam etmektedir. Türkiye'de işletme halinde bulunan veya inşa süreci devam eden rüzgâr enerjisi santrallerinin yarısından fazlası Ege ve Marmara bölgelerinin sınırları içinde yer almaktadır. Bu kapsamda, rüzgâr enerji santrallerinin ülke genelinde dağılımı Tablo 1'de gösterildiği gibidir.



**Şekil 2.** İşletmede Bulunan RES'lerin Bölgelere Göre Yüzdesele Dağılımı

**Kaynak:** TÜREB (2021).



**Şekil 3.** İnşa Halindeki RES'lerin Bölgelere Göre Yüzdesele Dağılımı

**Kaynak:** TÜREB (2021).

Türkiye'nin rüzgâr potansiyeli Ege Bölgesi ve diğer kıyı bölgelerinde 10 m yükseklikte rüzgâr hızı yıllık ortalaması, 4,5-5,6 m/sn, iç bölgelerde ise 3,4-4,6 m/sn arasındadır. 2020 Temmuz ayı itibariyle kurulu güç bakımından ilk beşte bulunan iller ve Türkiye'deki toplam rüzgâr enerjisi santralleri içerisindeki oranı; İzmir 1.798,15 MW, Balıkesir 1.220,05 MW, Çanakkale 751,32 MW, Manisa 716,75 MW

ve Hatay 414,65 MW'tır. Sinop, Çorlu, Bandırma, İnebolu, Bergama, Çanakkale, Bozcaada, Gökçeada, Çeşme, Bodrum, Antakya, Manisa ve Mardin rüzgâr enerjisi bakımından zengin il ve ilçelerimizdir (TÜREB, 2021).

Türkiye'de işletme halindeki rüzgâr enerjisi santrallerinin bölgelere göre yüzdesel dağılımı Şekil 2'de, inşa halindeki

rüzgâr enerjisi santrallerinin bölgelere göre yüzdesel dağılımı ise Şekil 3'te gösterilmiştir.

2017 ile 2035 yılları arasında rüzgâr enerjisi yatırımlarının gelişmesi ve artarak devam etmesinin, Türkiye'de cari açığın azalmasına 12,9 Milyar \$'lık net bir katkı sağlayacağı tahmin edilmektedir. Dahası söz konusu zaman zarfında 279,6 milyon ton karbon emisyonunun oluşmasının engellenmesi planlanmaktadır. Karbon emisyon oranının azaltılmasının bu noktada önemli olması, Türkiye'nin Paris Antlaşması kapsamında aldığı karardan kaynaklanmaktadır. Ulusal Katkı Niyet Beyanı (*Intended Nationally Determined Contribution - INDC*) belgesinde Türkiye, 2030 yılında 246 milyon ton karbon emisyonu eşdeğeri sera gazı azalımı yapacağını taahhüt etmiştir. Rüzgâr enerjisi yatırımları ile 2030 hedef karbon emisyonu azalım değerlerinin %7,7'si gerçekleşmiş olacaktır (TÜREB, 2016).

Türkiye, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üye devletleri içerisinde en fazla rüzgâr enerji potansiyeline sahip olan devlettir. Türkiye, teknik düzeydeki potansiyeli açısından yaklaşık olarak, iki önemli OECD üyesi olan Almanya'nın 7 ve İspanya'nın 2 katı daha fazla rüzgâr enerjisine sahip bulunmaktadır. Rüzgâr enerji potansiyeli gittikçe artan Türkiye'de 2025 yılında yaklaşık 20 bin MW'lık rüzgâr gücü kullanımı hedeflenmekte, elektrik ihtiyacının %7'sinin rüzgâr enerjisi kaynağından sağlanması öngörülmektedir. Rüzgâr enerji potansiyelinin fazla olmasının yanında Türkiye'de rüzgâr hızının da yüksek olması, bu enerji türünden faydalanma hususunda önemi haiz bir durum ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de ölçülen rüzgar hızı ortalama %7,5 m/s olarak hesaplanmıştır. Bu veri, Türkiye'nin sahip olduğu potansiyelini birçok Avrupa devletiyle kıyaslandığımızda rüzgâr enerjisinde avantajlı bir ülke konumunda olduğunu göstermektedir (SETA, 2017: 23).

##### 5. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyelinde Danimarka Modeli

Yenilenebilir enerji alanındaki Danimarka'nın öncü rolü, Türkiye'nin 2023 Stratejik Hedefleri ile uyumluluk arz etmektedir. 2023 hedefleri çerçevesinde Türkiye elektrik talebinin %30'unu yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu durum, rüzgar enerjisi konusunda ileriye yönelik Danimarka'yı stratejik bir ortak haline getirmesine vesile olabilir. Nitekim, Danimarka, 2030'da kömür yakıtıyla elde edilen enerji kaynaklarını sıfırlamayı planlamaktadır. Danimarka, belirlediği ulusal enerji politikasıyla elektrik tüketiminin %48'ini rüzgâr enerjisi ile karşılayarak, aslında Türkiye'nin hedeflerinin Danimarka'nın uyguladığı planlama modeliyle gerçekleştirilebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, Türkiye'nin 2023 yılı stratejik hedefleri arasında elektrik tüketiminin yaklaşık %50'sini rüzgâr enerjisi ile karşılamak vardır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında yapılan düzenlemelerin ve kanunların tarihçesi yakın tarihlerde (2001) başlamışken, Danimarka'da bu sektöre yönelik araştırmalar ve yasal düzenlemeler çok eskilere (1891) kadar uzanmaktadır. Bu kapsamda, model ülke olarak Danimarka'nın seçilmesi sahip olduğu bilgi birikimi ve deneyimlerinden yararlanma konusunda Türkiye'ye önemli bir avantaj sunacaktır.

Danimarka'da 2012 yılında yürürlüğe giren ve rüzgâr enerjisi politikaları ile düzenlemelerinin önemli bir kısmını oluşturan 2012-2020 Danimarka Enerji Uzlaşısı, bu ülkenin 2020 enerji hedeflerini açıklamaktadır (Danish Energy Agency, 2012):

- 2020 yılına kadar elektrik tüketiminin yarısının rüzgâr enerjisinden karşılanması,
- 2010 yılı verilerine göre 2020 yılında %12 daha az enerji tüketilmesi,
- Karbon emisyonlarının 1990 yılı verilerine göre %34 daha düşük olması,
- Enerji sektörü başta olmak üzere iş dünyasında istikrarın sağlanması,
- 2020 yılına kadar *Kruger Flak* bölgesinde 600 MW, *Horns Rev* bölgesinde 400 MW ve diğer kıyıya yakın bölgelerde 500MW gücünde deniz üzerine rüzgâr türbinlerinin kurulması hedeflenmiştir.

Bunların yanı sıra; binaların enerji verimliliğinin artırılması amacıyla planlanan yenileme faaliyetleri için kapsamlı bir stratejinin geliştirilerek biyo-yakıt kullanımının teşvik edilmesi, jeotermal enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, sanayi sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, akıllı şebeke dağıtım sistemlerinin kurulması, 2020 yılına kadar kullanılan yakıtların %10'unun biyo-yakıtlardan oluşması, taşımacılık ve özellikle enerji tüketimi konusunda enerji tasarrufunun sağlanması için gerekli altyapı faaliyetlerinin yerine getirilmesi ve binaların fosil yakıtlı ısıtma sistemlerinden arındırılması gibi hedefler de Danimarka Enerji Uzlaşısı'nda belirlenen diğer hususlardır.

Danimarka'da sadece binaların dönüşümünün sağlanması amacıyla 2012-2020 dönemi için 42 Milyon Danimarka Kronu ayrılmıştır. Bu kapsamda, 2013 yılından itibaren inşa edilen binalarda petrol ve doğalgaz yakıtlı sistemler, 2016 yılından itibaren de merkezi ısıtma sistemlerinin olduğu binalarda petrol yakıtlı kazanlar yasaklanmıştır. Bu hedeflerin yerine getirilebilmesi için çeşitli finansman desteklerinin sağlanması amaçlanmıştır.

2012-2020 Danimarka Enerji Uzlaşısı ile aynı döneme denk gelen düzenleme, Türkiye'de 2015-2019 Stratejik Planı'dır. Bu plan, 2030 yılında Türkiye'de toplam enerjinin %30'unun yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması hedefinin 2. aşamasını oluşturmaktadır. Bu yüzden, 2015-2019 Stratejik Planı, 2010-2014 Stratejik Planı'nın genişletilmiş aşaması ve 2019-2023 Stratejik Planı'nın da hazırlık aşaması olarak nitelendirilebilir. Söz konusu planda;

- Enerji arzını çeşitlendirerek enerji arz güvenliğini artırmak,
- Yerli kaynaklardan daha fazla faydalanmak,
- Çevrenin korunmasını sağlamak,
- Yenilenebilir ve düşük karbon emisyon değerlerine sahip özel sektör yatırımlarını destekleyerek enerji piyasasının verimliliğini artırmak,
- Yenilenebilir enerji kapsamındaki lisanslı projelerin sayısını artırmak ve hidroelektrik sektörünün gelişimini sağlamak,
- Rüzgâr enerjisinin elektrik şebekelerine bağlantısını artırmak,
- Plan kapsamında teknoloji çalışmalarına maddi destek sağlamak hedeflenmektedir.

Plan kapsamında enerji verimliliğinin artırılmasıyla ulusal düzeyde 2023 yılında %20'ye yakın tasarruf hedeflenmektedir. Bunların yanı sıra 2011 yılında yürürlüğe giren 29.12.2010 tarihli 6094 sayılı kanun (Yenilenebilir Enerji Kanunu) rüzgâr enerji santrallerinin kurulması ve geliştirilmesi için bazı teşvikler sunmaktadır. Bunların tamamı yurt dışında üretilmesi durumunda 7,3 ABD Doları cent/kWh garantili 10 yıl elektrik alım teşviki uygulanacaktır. Buna ek olarak, rüzgâr türbinlerinde yerli parçaların kullanılması ek teşvikleri de sağlanacaktır. Söz konusu teşvikler Tablo 2 verilerindeki gibidir.

**Tablo 2:** Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesislerinde Yerli Parçaların Kullanılması Koşuluyla Uygulanmakta Olan Teşvikler

Rüzgâr enerjisine dayalı Üretim Tesisi (Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat)	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)	Uygulanacak Fiyat (ABD Doları cent/kWh)
Kanat	0,8	7,3
Jeneratör ve güç elektroniği	1,0	
Türbin kulesi	0,6	
Rotor ve Nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı	1,3	

**Kaynak:** Resmi Gazete, 6094 Sayılı Kanun

Türkiye'nin model olarak alacağı devlet Danimarka, enerji sistemlerinin dönüşümü ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik sistemlerine entegrasyonunda dünya çapında bir örnek olarak kabul edilmektedir. Danimarka 1972 ile 2017 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketimini %1,4'ten %32,2'ye çıkarmıştır (Danimarka Enerji Ajansı, 2017). Danimarka'nın yaşadığı deneyim çerçevesinde rüzgar enerjisi sektörünün gelişimi, bu başarı öyküsünün en önemli göstergesidir. Çünkü, Danimarka'nın rüzgar üretimi 2017'de gayri safi yurtiçi elektrik tüketiminin %43,4'ünü oluşturmuştur (Energinet, 2020). Bu rekor son birkaç yılda Danimarka tarafından birkaç kez kırılmıştır. Nitekim, Danimarka'nın bu başarılı enerji dönüşümünün merkezinde birkaç unsur yer almaktadır. Toplumun organize bir şekilde katılımı ile gerçekleştirilen enerji planlaması, bu unsurlardan birincisidir. Danimarka'yı tamamlayan yakıt ve teknoloji konularında yetkin olan komşu ülkelerle pazar ve altyapı entegrasyonu da bir diğer önemli husustur. Sürdürülebilirlik ve arz güvenliğinin hizmetine sunulan petrol ve doğalgaz gibi doğal kaynakların varlığı da önemlidir. Tüm bu unsurlar, çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynakları kullanan hanelerin yaklaşık üçte ikisine hizmet sağlayan Danimarka'yı lider yapmıştır (Boscán vd., 2021). Türkiye, toplumla bütünleşik bir yönetim modeli çerçevesinde rüzgâr enerjisi konusunda bir enerji planlaması yaparak, altyapı ve enerji pazarında önemli bir aktör haline gelebilir. Halkın bilinçlendirilerek yönetileceği bu süreçte Danimarka'nın örnek alınması, hem çevrenin korunması ve yerel yenilenebilir enerjinin elde edilmesi hususunda hem de enerji arz güvenliğinin sağlanması noktasında önem arz etmektedir.

Danimarka'nın yenilenebilir enerji noktasında başarılı olması ve geleceğe yönelik hedeflerinin yüksek olmasına rağmen, söz konusu ülke de zorluklar ve engeller ile karşı karşıya kalmaktadır. Danimarka'nın gelişmiş bir toplu taşıma ağı, verimsiz araçları caydıran bir vergi sistemi, güçlü bir bisiklet kültürü ve enerji verimliliğini teşvik eden politikaları olmasına rağmen, Danimarka karayolu

taşımacılığının karbondan arındırılması konusunda tutarlı bir stratejiden hala yoksundur. Komşusu Norveç'in aksine Danimarka'nın küçük bir elektrikli araç filosu bulunmaktadır. Danimarka hükümeti, yakın zamanda 2030 yılına kadar benzinli ve dizel araçların yasaklanması da dahil olmak üzere bir dizi yeni politika önerisi sunsa da, bu politikalar şimdiye kadar düzensiz gerçekleştirilmiştir (Boscán vd., 2021). Türkiye'nin buradan çıkarabileceği en büyük ders, yeşil taşıma sisteminin rüzgar enerjisi kaynağıyla entegre bir elektrik dönüşüm mekanizmasının gerçekleştirilmesi olmalıdır. Böylece, enerji dönüşüm sektörlerinin korbondiyoksit emisyonlarının azaltımına yönelik gerçekleştirilecek rüzgar enerjisi sistemi de kurulmuş olacaktır.

Özetle, Türkiye, geleceğe yönelik rüzgâr enerji stratejisini ciddi bir şekilde yeniden düşünmeli ve politika araçları vasıtasıyla teşvikleri güçlendirmelidir. Rüzgâr enerjisi üzerine yapılan teşvikler, şimdiye kadar bazı bölgelerde başarılı olmuş olsa da, rüzgâr enerji politikası oluşturmaya ilişkin entegre bir yaklaşım olmaksızın bu teknolojiye odaklanmak Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının geleceği için riskli bir durum ortaya çıkarabilir. Şöyle ki, 1970'lerden bu yana, Danimarka hükümeti, rüzgar türbini sahiplerine rüzgar türbinleri tarafından üretilen elektrik için bir tarife garantisi vererek rüzgar gelişimini desteklemiştir. Bu tarife garantisi, genellikle uzun bir süre boyunca, potansiyel olarak zamanla değişen bir tarifeye ve belirli teknolojileri kullanan, her bir elektrik üretim birimi için yenilenebilir teknolojilere ilişkin sabit bir fiyat garanti eden politikadır (Cook ve Level, 2019:5). Türkiye'de fiyat istikrarı garanti eden rüzgar enerjisi politikası, hem rüzgar enerjisi üreticilerinin verimliliğini artırmak hem de sera gazı emisyonlarını azaltmak için uygulanabilir.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Sürdürülebilir kalkınma ideali, günümüzde uluslararası toplumun gündeminin ilk sırasında yer almaktadır. Nitekim, ekonomik, çevresel ve sosyal kalkınma devletlerin refahını artırmanın tek yoludur ve bunun büyük kısmı sanayiye dayanmaktadır. Kalkınmanın temeli durumunda olan enerjiye, üretim arttıkça daha fazla ihtiyaç duyulacağı aşikardır. Enerji, özellikle sürdürülebilir enerji, gelişmekte olan devletlerde sürdürülebilir kalkınmaya ulaşabilmek için itici bir güç niteliğindedir. Çevresel farkındalık oluşturma politikası çerçevesinde temiz enerji kaynaklarının insanlığın refahı adına sürdürülebilir kalkınma amaçları çerçevesinde kullanılması yaklaşımı uluslararası alanda oluşturulan çeşitli anlaşmalarla da kendisine yer edinmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, hem günümüzü hem de geleceği güvence altına almak için tüm insanlık adına hayati bir önem ifade etmektedir. Nitekim, korbondiyoksit gazının atmosferde yoğun bir şekilde birikmesi, küresel ısınma sorununa yol açarak ortaya çıkan sıcaklık artışıyla beraber, dünyanın küresel düzeyde iklim değişikliklerini yaşamasına, deniz seviyelerinin yükselmesine, kutuplardaki buzulların erimesine ve dünyanın çeşitli bölgelerinde yer alan verimli tarım arazilerinin sular altında kalmasına neden olmaktadır. Halbuki, iklim değişikliği krizini önlemenin birinci şartı, fosil yakıtların tüketimini asgari seviyeye indirip enerji altyapısını yenilenebilir enerji kaynaklarını tüketmeye doğru zorlamaktadır.



Yenilenebilir enerji kaynakları arasında bulunan rüzgâr enerjisi, teknolojik gelişmeyle olan ilişkisi anlamında çok önemli bir yere sahiptir. Sürdürülebilir enerji türü olarak rüzgâr gücü, yenilenebilir bir enerjidir. Enerji sektöründe, arz ve talebi dengelemek amacıyla güç kaynağı yönetim teknikleri kullanılmaktadır. Türkiye’de elektrik enerjisinde yıllık talep artışı %12 düzeyindedir. Bu artış, yılda 2500-3000 MW’lık yeni kurulu gücü gerektirmektedir. Bu talebin mevcut teknolojik altyapı imkanlarıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması mümkün görünmemektedir. Rüzgâr enerjisinden beklenen durum ise, talebe asgari düzeyde %1-2 oranında katkı sağlayabilmesidir. Bu noktada, Türkiye’nin yenilenebilir enerjide kurumsal düzeyde yürüteceği projelerle, özellikle rüzgâr enerjisi üretimi ve dağıtım sürecinde ülke sınırları içinde önemi gittikçe artan pozisyona kavuşmaya ve enerji konusunda dış ticarete katkı sağlamaya başlayacağını belirtmek yanlış olmayacaktır. Fakat, Danimarka ile kıyaslandığında Türkiye’de uygulanan teşvikler açısından hukuki zeminde bazı farklılıklar bulunmaktadır.

Türkiye’de rüzgâr santrallerinin karada kurulmasına yönelik politikalar çoğunlukta iken, Danimarka’da özellikle deniz üzerinde inşa edilen rüzgâr santrallerine yapılan destekler, tasarruf önlemlerinin ağırlıkta olduğu projeler ve teşvikler bulunmaktadır. Türkiye’de deniz üzerinde inşa edilecek rüzgâr santralleri için ekstra destek bulunamaması ve mevcut santrallerin tamamının karada bulunması, bu alanda bir eksiklik olarak gösterilebilir. Türkiye’nin, Danimarka’nın uygulamış olduğu tasarruf tedbirleri doğrultusunda, ülkenin enerji tüketiminin bütün paydaşlarını kapsayacak şekilde enerji stratejilerini revize etmesi, enerji verimliliği konusunda daha fazla iş birliği çalışmaları yapması, inovasyon, AR-GE ve yeni teknolojiler kapsamında daha fazla çaba göstermesi ve teşvik çalışmalarını gözden geçirmesi gerekmektedir.

Tüm bunlarla beraber, mevcut stratejilerin içerisinde yer alan teşvik ve desteklerin Danimarka örneğinde olduğu gibi nitelik ve nicelik bakımından açık, rasyonel ve ulaşılabilir hedeflerden oluşması gerekmektedir. Hemen hemen aynı dönemleri kapsayan iki ülke enerji politikalarının en büyük farkı işte bu unsurlardan oluşmaktadır. Bunun yanında en büyük farklılıklardan biri de Danimarka’da doğalgaz kaynaklı ısınma sistemlerinin azaltılması için teşvikler uygulanmakta iken, Türkiye’de doğalgaz kullanımının her geçen gün artması oluşturmaktadır. Enerji arz güvenliğinin sağlanmasında öncelikle dışa bağımlı enerji kaynaklarının yenilenebilir kaynaklar ile ikame edilmesi gerekmektedir. Çevresel zararlar açısından bakıldığında, diğer fosil kaynaklara göre daha çevreci olarak görünen doğalgaz, yeryüzünde sınırlı miktarda bulunmaktadır. Türkiye’nin ithal ettiği bu kaynağın önümüzdeki yarım yüzyıl içindeki maliyetlerinin günümüz seviyesinden fazla olacağı aşikardır. Bu kapsamda, geleceğe yönelik enerji kaynaklarını çeşitlendirme noktasında Danimarka’nın doğalgaz kaynaklı enerji sistemlerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı sistemler ile ikame edilmesi konusundaki uygulaması, Türkiye’nin enerji güvenliği politikaları adına önemli bir referans oluşturabilir.

## Kaynakça

Aliefendioğlu Y., Demir, E., Tanrıvermiş H. (2017). “Kamu İktisadi Teşebbüslerinin Aktiflerinde Yer Alan Maddi Duran Varlıkların Envanter ve Değerleme Araştırması: Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel

Müdürlüğü Hirfanlı Hidroelektrik Santrali”, *Finans ve Bankacılık Çalışmaları Dergisi*, 5 (5), 30-51.

Ayanoğlu, G.G. (2013). *Kooperatiflerde Toplumsal Sorumluluk İlkesi ve Yenilenebilir Enerji Kooperatifleri* (Uzmanlık Tezi), Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, Ankara.

Boscán, L., Kaiser, B. A., & Ravn-Jensen, L. (2021). “Beyond Wind: New Challenges to the Expansion of Renewables in Denmark”, *New Challenges and Solutions for Renewable Energy: Japan, East Asia and Northern Europe*, 319.

Büyükmihci, M. Kemal. (2003). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği Ülkelerindeki Uygulamalar ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tarafından Hazırlanmakta Olan Kanun Tasarısı Taslağı Çerçevesinde Planlanan Önlemler”, *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, TMMOB, 3-4 Ekim 2003, Kayseri, 15-22.

Cook, Jonathan A. & Lin Lawell, C.-Y. C. (2020). “Wind Turbine Shutdowns and Upgrades in Denmark: Timing Decisions and the Impact of Government Policy”, *The Energy Journal*, 41 (3), 1-51.

Çalışkan, M. (2010). “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli”. [https://www.mgm.gov.tr/FILES/haberler/2010/rets-seminer/2\\_Mustafa\\_CALISKAN\\_RITM.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/haberler/2010/rets-seminer/2_Mustafa_CALISKAN_RITM.pdf) (Erişim Tarihi:17.09.2021).

Çukurçayır, M. A. & Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20, 257-278.

Danish Energy Agency (2012). “Energy Policy in Denmark”. [http://www.cnrec.org.cn/\\_data/2013/05/14/27b0a548\\_4aeb\\_4709\\_a64c\\_a5bd33d9aef/EnergyPolicyinDenmark.pdf](http://www.cnrec.org.cn/_data/2013/05/14/27b0a548_4aeb_4709_a64c_a5bd33d9aef/EnergyPolicyinDenmark.pdf) (Erişim Tarihi:12.09.2021).

Danish Energy Agency (2017). “Wind Power”, <https://ens.dk/en/our-responsibilities/wind-power> (Erişim Tarihi: 2.09.2021).

Dereli, S. (2001). *Rüzgar Enerjisi*, TÜBİTAK, Ankara.

DPT (2001). *8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, DPT, Ankara.

Energinet (2020). “CSR Report”. <https://energinet.dk/Om-publikationer/Publikationer/Samfundsansvar-2020> (Erişim Tarihi: 12.08.2021).

Energyaero (2015). “Danimarka Türkiye’ye Enerji Ateşesi Atadı”. <http://www.energyaero.com/haber/DANIMARKA-TURKIYE-YE-ENERJI-ATASESI-ATADI/23466> (Erişim Tarihi:11.10.2021).

Erdoğan, E. (2009). On the Wind Energy in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (6-7), 1361-1371.

Global Wind Energy Council (2021). “GWEC Global Wind Report”, <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf> (Erişim Tarihi: 11.10.2021).

Güler, Ö. (2009). “Wind Energy Status in Electrical Energy Production of Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 473-478.

Hatipoğlu, Emre, “Enerji Güvenliği”, *Güvenlik Yazıları Serisi*, No.44, Kasım 2019, [https://trguvenlikportali.com/wpcontent/uploads/2019/12/EnerjiGuvenciligi\\_EmreHatipoglu\\_v.1.pdf](https://trguvenlikportali.com/wpcontent/uploads/2019/12/EnerjiGuvenciligi_EmreHatipoglu_v.1.pdf) (Erişim Tarihi: 21.11.2021).

Heymann, M. (1998). “Signs of Hubris: The Shaping of Wind Technology Styles in Germany, Denmark, and the United States, 1940-1990”, *Technology and Culture*, 39 (4), 641-670.

Hill, J.S. (2018, 27 Şubat). “Vestas Again Leads Onshore Wind Turbine Manufacturers In 2017, Siemens Gamesa Closing The Gap”. <https://cleantechnica.com/2018/02/27/vestas-again-leads-onshore-wind-turbine-manufacturers-in-2017-siemens-gamesa-closing-the-gap/> (Erişim Tarihi: 11.10.2021).

İKA (2020). İzmir İli Rüzgar Türbini Havacılık İkaz Lambası Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu, İzmir.

Kahraman, N., Özceylan, V. & Çerçi, Y. (2003). Rüzgar Enerjisi Değerlendirme Kriterleri ve Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli. *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Makine Mühendisleri Odası.

Karagöl, E. T. & Kavaz, İ. (2017). “Dünya ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji”, *Analiz*, 197, 1-31.

- Koç, E. & Kaya, K. (2015). "Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu", *Mühendis ve Makina*, 56 (668), 36-47.
- Koçaslan, G. (2010). "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi Çerçevesinde Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Yeri ve Önemi", *Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 53-61.
- Korukçu, M.Ö. & Kılıç, M. (2011). Bursa'da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı. *Rüzgar Enerjisi ve Türbinleri Yerel Sempozyumu*, 11-12 Mart 2011, Gönen/Bandırma, 19-24.
- Özbirdinci, Y. (2015). "Danimarka'dan Tarihi Bir Rekor: Enerji İhtiyacının %140'ı Rüzgar Türbinlerinden Üretildi". <https://gaiaadergi.com/danimarkadan-tarihi-bir-rekor-enerji-ihtiyacinin-yuzde-140i-ruzgar-turbinlerinden-uretildi> (Erişim Tarihi: 18.01.2022).
- Pineda, I., & Tardieu, P. (2018). *Wind in Power 2017*, Wind Europe.
- Renewable Energy Policy Network for 21th Century (REN21). (2014). "Renewables 2014 Global Status Report". [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2014\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2014_Full-Report_English.pdf) (Erişim Tarihi: 13.12.2021).
- Sawin, J. (2003). *Dünyanın Durumu 2003. Worldwatch Enstitüsü (20. Yıl Özel Baskısı)*, İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları.
- SETA (2017). *Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji*, 197, İstanbul.
- Seydioğulları, H.S. (2013). Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. *Planlama*, 23 (1), 19-25.
- Şahin, M.E. (2020). "Açık Deniz Rüzgar Sistemleri Üzerine Bir İnceleme ve Danimarka Örneği", *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 54-67.
- Şenel, M.C. ve Koç, E. (2015). "Dünyada ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme", *Mühendis ve Makina*, 56 (663), 46-56.
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB). (2016). "Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Rüzgar Enerjisi ve Etkileşim Raporu", <http://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-enerjisi-birligi-ruzgar-enerjisi-ve-etkilesim-raporu> (Erişim Tarihi: 13.12.2021).
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB). (2021). "Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu", <https://tureb.com.tr/lib/uploads/55081baf3b9a1091.pdf> (Erişim Tarihi: 13.12.2021).
- Wind Europe (2022). *Wind Energy in Europe 2021 Statistics and the Outlook for 2022-2026*, Brüksel, Belçika.
- WWF Türkiye Raporu 2011 (2011). *Yenilenebilir Enerji Geleceği ve Türkiye*, İstanbul.
- Yılmaz, M. (2012). "Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi", *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 33-54.