

11. TÜRKİYE'DE RÜZGÂR ENERJİSİ

Görkem TENELER
Makina Y. Mühendisi

11.1 GİRİŞ

Bu bölümde Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli ve güncel hedefleri, 2019 yılı sonu itibarıyla rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde ulaşılan seviye, mevcut projeler ile yeni ihaleye tabi kapasiteler ve Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) çerçevesinde rüzgâr enerjisinin durumu incelenmektedir.

Karasal ve deniz üstü rüzgâr enerjisi potansiyeli yaklaşık 118.000 MW olan Türkiye, 2019 yılı sonu itibarıyla 7.591 MW kurulu gücün yanı sıra yaklaşık 7.869 MW inşa veya önlisans sürecinde proje ve kapasite tahsisi mevcuttur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı 2018 Bütçe Sunuş Konuşmasında mevcut kurulu gücün 2028'e kadar 10.000 MW artırılması hedefini dile getirmiştir. Sektörün sözcüsü durumdaki Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) ise Ocak 2020'de sektörün sürekliliğinin sağlanması için 2030 yılında 25.000 MW kurulu gücün hedeflenmesini önermektedir. Ancak yılda en az ek 1.000 MW kurulu güç gerektiren bu hedeflerin, mevcut durumlar göz önüne alındığında çok da gerçekçi olmadığı ortadadır. EPDK tarafından önlisans başvuru alım tarihlerinin 2016 yılından beri sürekli ertelenmesi ve ülkemizin içinde bulunduğu ekonomik durum rüzgâr enerjisi sektöründe olumsuz bir etkiye sebep olmuştur. YEKA ihaleleri ile toplamda 2.000 MW'lık karasal rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi için bağlantı kapasitesi tahsis edilmiş, deniz üstü için planlanan 1.000 MW tahsisi içeren ihale çağrısına ise hiçbir istekli firma çıkmamıştır.

11.2 TÜRKİYE RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE HEDEFLER

Rüzgâr enerjisi, kullanımı giderek artan ve potansiyeli yeni keşfedilmiş tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünya rüzgâr enerji potansiyelini belirleyebilmek amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, 5,1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile % 4'ünün kullanılacağı öngörüsüne dayanarak, dünya karasal teknik rüzgâr potansiyeli 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır.[1] Açık deniz (offshore) bölgelerinin potansiyeli ise 420.000 TWh/yıl olarak öngörülmektedir.[2] Dünya genel elektrik tüketiminin 2018 yılında 26.203 TWh olduğu dikkate alındığında, önümüzdeki yıllarda bu büyük potansiyelin daha etkin değerlendirilmesine yönelik çalışmaların artarak devam edeceği açıktır. [3]

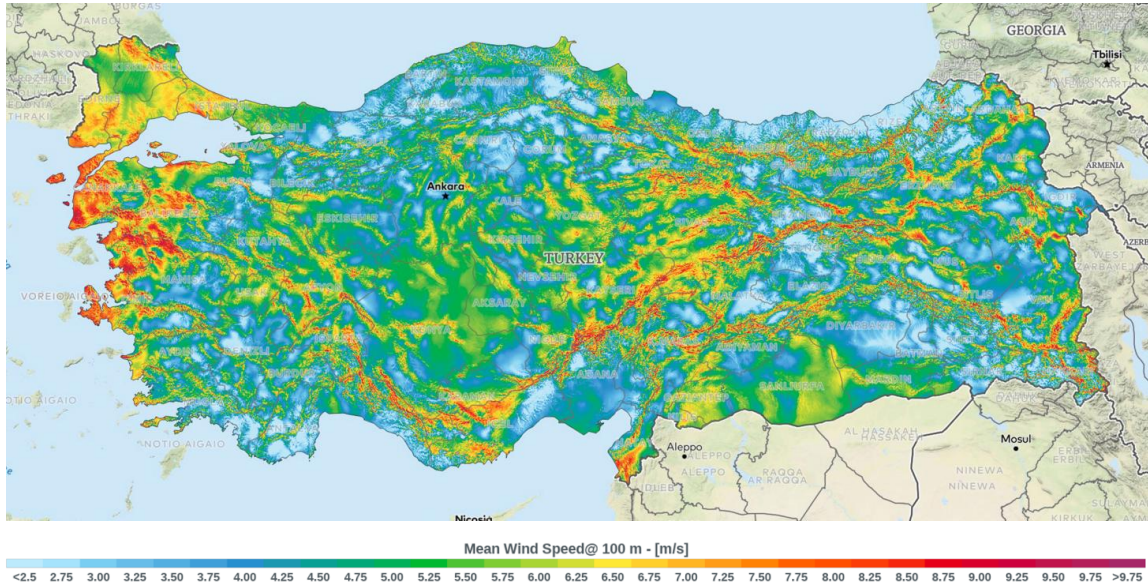
Enerji Bakanlığı sitesinde yer aldığı ve uzun yıllar kullanıldığı üzere; Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda 5 MW/km² gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belir-

lenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün % 1,30'una denk gelmektedir. [4]

Ancak REPA değerlerinin, ülkemizde son yıllarda RES projesi geliştirilmesi sırasında IEC standardına göre yapılan rüzgâr ölçümleri ile farklı olduğu, bu atlasın kullanıldığı projelerin (özellikle ölçüm zorunluluğu olmayan lisanssız projelerin) enerji üretim hesaplarında yarattığı belirsizlik sebebiyle ilgili finansman kuruluşlarınca kabul edilmediği bilinmektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), REPA 2 çalışmalarını sürdürmekte ve yakın zamanda yeni bir atlas yayımlama aşamasındadır. Bu atlas kamuoyuna sunulmadan önce konunun uzmanlarının bilgi ve tartışmasına sunulmalı, yapılacak eleştiri ve değerlendirmeler dikkate alınarak revize edildikten sonra kamuoyunun bilgi ve erişimine açılmalıdır.

Bunun yanı sıra Yeni Avrupa Rüzgâr Atlası (NEWA) ve Küresel Rüzgâr Atlası yayımlanmış ve erişime açık bir şekilde sunulmaktadır. Küresel Rüzgâr Atlası'na göre ülkemizdeki rüzgâr hız atlası görünümü Şekil 11.1'deki gibidir. Bu interaktif harita sayesinde istenilen konumdaki olası rüzgâr potansiyeli yüksek bir doğrulukta hesaplanabilmektedir. [5, 6]

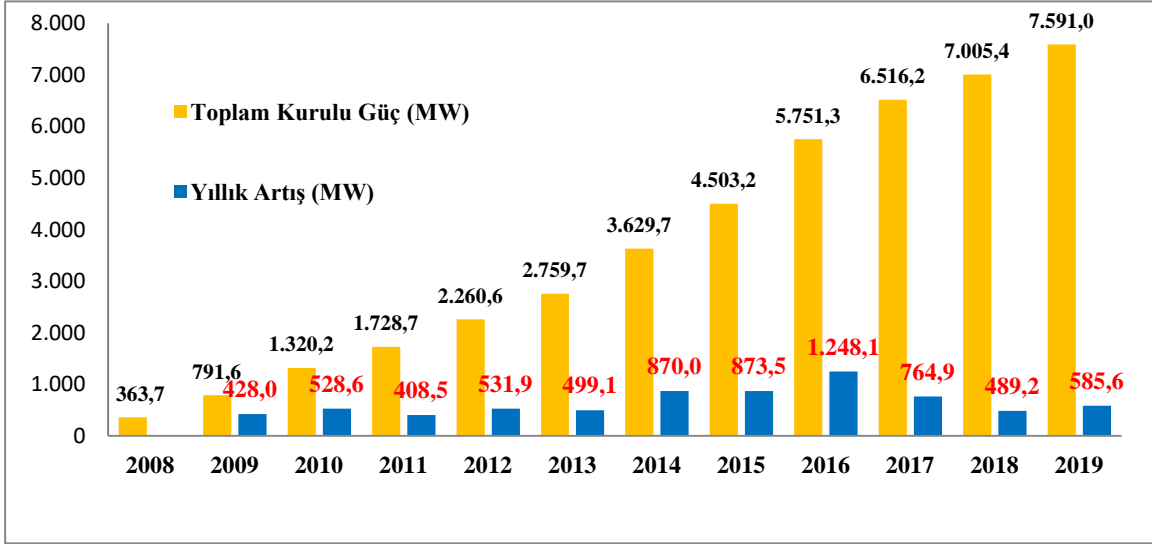


Şekil 11.1 Küresel Rüzgâr Atlası 100 m Rüzgâr Hızı - Türkiye

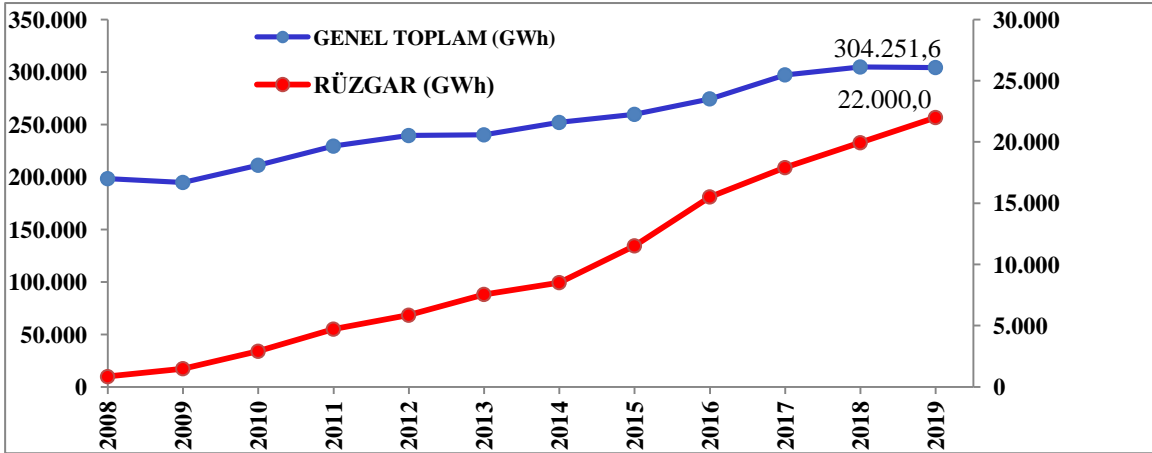
Daha önce ülkemizdeki enerji gündeminde çok yer almamış ve ilgili sektör raporlarında belirtilmemiş deniz üstü ve küçük ölçekli rüzgâr enerjisi potansiyeli ve olası uygulamaları da günümüzde tartışılmaya başlamıştır. Dünya Bankası'nın yayımladığı bir rapora göre Türkiye kıyılarında 50 metreden az derinliği olan bölgelerde 12.000 MW, 50-1000 metre derinliği olan bölgelerde ise 57.000 MW olmak üzere toplamda yaklaşık 70.000 MW'lık bir deniz üstü rüzgâr enerji potansiyeli vardır. [7]

Hangi kabul ve hesaplama/tahmin yöntemiyle belirlendiği belirsiz olan bu değer, özellikle ülkemiz kıyılarında derinliğin hızla artması, sahillerde şebeke altyapısının güçlü olmaması ve bağlantı sorunları sebebiyle, uygulanabilir miktarı hesaplanmış değildir. Daha çok mesken elektrik üretimini karşıla-

kesin olmayan verilere göre yaklaşık olarak 22.000 GWh¹ ile toplam elektrik üretiminin % 7,2'sini sağlamıştır. Türkiye'de rüzgâr enerjisi santrallerinin toplam kurulu güç gelişimi Şekil 11.3'te, toplam ve RES'lerden elektrik üretiminin gelişimi Şekil 11.4'te ve bölgelere göre dağılımı ise Şekil 11.5'te görülmektedir.

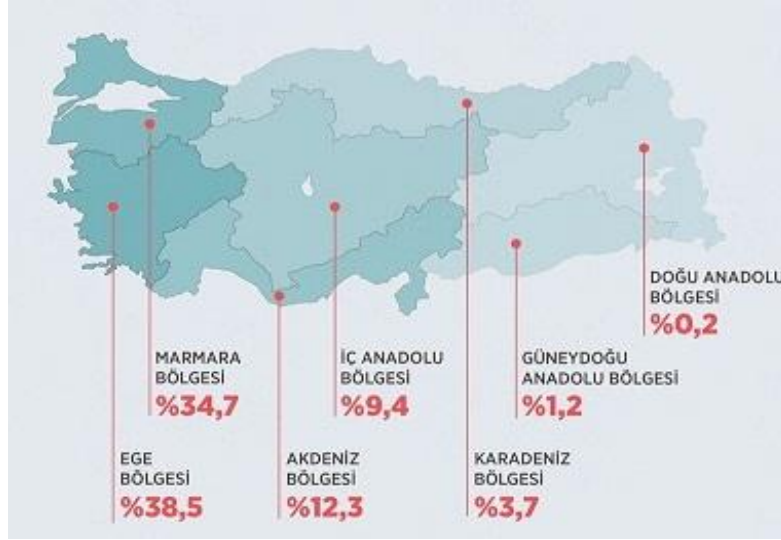


Şekil 11.3 Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Toplam Kurulu Güç Gelişimi [11]



Şekil 11.4 Türkiye Toplam ve RES'lerden Elektrik Üretiminin Gelişimi (2008-2019) [11]

¹ 2019 yılı RES elektrik üretimi TEİAŞ'ın jeotermal, rüzgâr ve güneş kaynaklı toplam elektrik üretimi verilerinden ve EPİAŞ verilerinden yola çıkılarak tarafımızca hesaplanan, kesin olmayan değerdir. TEİAŞ toplam elektrik üretimi 2019 verileri de geçicidir.



Şekil 11.5 İşletmedeki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı [12]

Rüzgâr enerjisi kurulu gücü esas olarak TEİAŞ'ın belirlediği kapasiteler üzerinden verilen lisanslı santraller tarafından sağlanmaktadır. Yapımı devam etmekte olan lisanslı santraller ve önlisans başvurularının durumu hakkındaki bilgilere EPDK web sayfasından ulaşılabilmektedir. Bu kaynaklardan alınan 2019 yılı sonu verilerine göre işletmede olan santraller ve kapasite tahsis bilgileri Tablo 11.1'de görüldüğü gibidir.

Tablo 11.1 Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kapasite Tahsis Tablosu, MW (Aralık 2019)

İşletmedeki Santraller	7.591,1
İşletmedeki Lisanslı Santraller	7.520,3
EÜAŞ	7,2
Serbest Üretici	7.502,9
YİD	10,2
İşletmedeki Lisansız Santraller	70,8
İnşa Halindeki Lisanslı Santraller	2.751,0
Ön Lisanslı Yürürlükte Olan Projeler	3.660,0
Ön Lisanslı Değerlendirilmekte Olan Projeler (*)	1.004,0
Ön Lisans Başvurusu Yapılacak Olan Projeler (**)	1.000,0
TOPLAM	16.006,1

(*) YEKA 1 projeleri

(**) YEKA 2 ihalesi

11.4 TÜRKİYE RÜZGÂR ENERJİSİ LİSANSLAMA VE İHALE MODELLERİ

Türkiye’de rüzgâr enerjisinden elektrik üretim santrallerinin (RES) şebekeye bağlantı izni için 3 farklı yöntem uygulanmaktadır. Bu 3 yöntem sırasıyla **EPDK Önlisans** Başvuruları ve gerekmesi halinde Bağlantı Tahsis ihalesi yapılması, **ETKB YEKA** İhaleleri, **TEDAŞ Lisanssız** Elektrik Üretimi’dir.

Rüzgâr enerjisinden lisanssız elektrik üretimi, güneş enerjisinden elektrik üretiminin aksine gelişme göstermemiştir. Tablo 11.1’den görüldüğü gibi lisanssız RES’lerin payı ülke toplam kurulu gücünün % 1’inden azdır. Bu nedenle sadece diğer iki yöntem aşağıda detaylı olarak ele alınmıştır. Şimdiye kadar gerçekleştirilen Bağlantı Tahsis ve YEKA ihalelerinin sonuç değerleri Tablo 11.2’de görülmektedir.

Tablo 11.2 Bağlantı Tahsis ve YEKA İhaleleri Sonuçları

YEKDEM ...-31.10.2020	7,3 \$-sent/kWh
Haziran 2017- önlisans yarışmaları en yüksek	5,12 \$-sent/kWh
Haziran 2017- önlisans yarışmaları en düşük	- 1,51 \$-sent/kWh
Ağustos 2017- YEKA 1	3,48 \$-sent/kWh
Aralık 2017- önlisans yarışmaları en yüksek	7,29 \$-sent/kWh
Aralık 2017- önlisans yarışmaları en düşük	- 2,87 \$-sent/kWh
Mayıs 2019- YEKA 2 en yüksek	4,56 \$-sent/kWh
Mayıs 2019- YEKA 2 en düşük	3,53 \$-sent/kWh
2019 yılı elektrik piyasası ortalama piyasa takas fiyatı [13]	(260,32 TL/MWh) ~4,38 \$-sent/kWh

11.4.1 EPDK Önlisans Başvuruları ve TEİAŞ Kapasite Tahsis İhaleleri

02/11/2013 tarih ve 28809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’nde EPDK’nin her yıl TEİAŞ’ın açıkladığı bağlanabilir kapasite miktarı için önlisans başvurusu alacağı, aynı bağlantı noktasına ve/veya aynı bağlantı bölgesine bağlanmak için birden fazla başvurunun bulunması hâlinde, başvurular arasından ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanları belirlemek için TEİAŞ tarafından ihale yapılacağı belirtilmiştir. Ardından Nisan 2015 başvuruları için 2017 Haziran ve Aralık aylarında yapılan ihalelerle 47 farklı bölgede 85 projeye toplam 2.820 MW kapasite tahsis edilmiştir. Bunlardan toplam 2.765 MW’lık 82 proje için önlisans verilmiş, üretim lisansı aşamasına geçilmiştir. Ancak sonraki yıllarda uygulamaya Yönetmelik’te belirtildiği şekilde devam edilmemiştir. En son başvuru duyurusu, 2020 yılına kadar sisteme bağlanabilecek 2.000 MW RES kapasitesi için Ekim 2016 olarak yapılmış, fakat bu başvuru alımlarının önce Nisan 2018’e, ardından Nisan 2020’ye, daha sonra (koronavirüs salgınına karşı alınan önlemlerin öncesinde) Ekim 2020’ye ertelendiği duyurulmuştur. Gelişmekte olan bir sektörün devamlılığının sağlanmasında önemli rol oynayan proje stokunu yaratan önlisans başvurularının üç sefer ertelenmesi sektörü yavaşlatmış ve yatırımcılar tarafında belirsizliğin artırması sebebiyle, ülke adına da rekabetçi bir piyasa adına da

olumsuz etkileri olmuştur. Şekil 11.1'de 2011-2016 yılları arasında önemli bir gelişme kaydeden rüzgâr enerjisi sektörünün yıllık yeni kurulu güç miktarının düşüşe geçtiği görülmektedir.

Önlisans başvurularının ertelenmesindeki teknik nedenlerden bir de Enerji Bakanlığı tarafından 2016 yılında yayımlanan Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği kapsamındaki yeni YEKA modeli olmuştur.

11.4.2 ETBK YEKA-RES İhaleleri

YEKA, yenilenebilir enerji projeleri için tahsis edilen, özellikleri ve kritik unsurları Kanun ile belirlenmiş özel nitelikli alanlardır.[14] Önlisans sürecinden farklı olarak kurumun daha önceden belirlediği bağlantı bölgeleri için yerli ekipman üretimi veya kullanım şartı ile yapılan ihalelerle yatırımcılara toplamda 2.000 MW'lık tahsis sağlanmıştır.

Ağustos 2017'de, yerli üretim, AR-GE zorunluğu ve 15 yıl alım garantisi ile üretilecek elektriğe kilovatsaat başına en düşük fiyatı teklif etme esasına göre yapılan YEKA-RES 1 ihalesini açık eksiltmede 3,48 \$-sent/kWh ile en düşük teklifi veren Kalyon-Türkerler-Siemens konsorsiyumu kazanmıştır. Sözleşme 27.02.2018'de imzalanmıştır. İhalede 150 türbin/yıl kapasiteli fabrika kurulması, sözleşme imzasından 21 ay sonra (yaklaşık 2019 yılı Ekim ayında) fabrikanın üretime geçmesi ve 10 yıl boyunca çalışacak olan AR-GE Merkezinin çalışmaya başlaması, şartnamedeki tabloya göre toplam yerlilik (yurtiçinde üretim) puanları toplamının en az 65 olması, enerji tesislerinin tümünün sözleşme imzasından 6 yıl sonra (yaklaşık 2024 yılı başında) devreye girmesi şart koşulmuştur. Siemens fabrika için Ağustos 2018'de Aliğa Organize Sanayi Bölgesi'nden yer satın almıştır. Firma yetkilileri Kasım 2019'da fabrikanın devreye alma çalışmalarına yakında başlanılacağını belirtmişler ancak bir takvim vermemişlerdir. [15]

19.07.2019 tarih ve 30836 (mükerrer) sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Gelir Vergisi Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun (No: 7186) kapsamında 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na eklenen "Sözleşme süre uzatımı ve devir" başlıklı Geçici 26. Madde ile; ihalesi yapılan yenilenebilir enerji kaynakları veya yerli kömüre dayalı elektrik üretim tesisleriyle ilgili devir sözleşmeleri ve elektrik satış anlaşmalarından kaynaklanan hak ve yükümlülüklerin süreleri, 17 Ocak 2019 tarihinden itibaren 36 ay süreyle uzatılmıştır. Böylelikle kurulacak fabrikanın üretime geçme ve AR-GE Merkezi kuruluşunun tamamlanarak çalışmaya başlama tarihleri 2022 yılı son aylarına, santrallerin en son üretime geçme tarihi 2027 yılı ilk aylarına kadar, herhangi bir cezai işleme maruz kalmadan, ertelenebilecektir.

Edirne'de 294 MW'lık Edirne RES, Sivas-Kangal'da 160 MW'lık Kangal RES, Sivas-Gürün'de 90 MW'lık Gürün RES ve Eskişehir'de 50 MW'lık Eskişehir RES Projeleri ile Kırklareli'nde 260 MW'lık Balkaya RES ve 146 MW'lık Sergen RES projeleri için EPDK'ye ön lisans başvurusu yapılmış olup, halen teklifler değerlendirme aşamasındadır. Finansman konusunun önlisansların alınmasının ardından sonlandırılacağı belirtilmektedir. Bu aşamada Korona virüs salgını nedeniyle de birtakım parça tedarik sıkıntıları yaşanabileceği ifade edilmektedir. Önlisans alınmasının ardından, 2 yıllık süre içinde diğer saha çalışmaları ve izinlerin de tamamlanarak, lisans aşamasına gelmesi beklenmektedir. [16]

YEKA-RES 2 kapsamında, Mayıs 2019'da, kullanılacak türbinlerin yerlilik puanları toplamının asgari 55 olması şartıyla ve üretilecek elektriğe kilovatsaat başına en düşük fiyatı teklif etme esasına göre, açık eksiltme yöntemiyle 250 MW'lık dört ayrı ihale yapılmıştır. İhale sonucunda Enerjisa Aydın'da

yapılacak RES için kWh başına 4,56 \$-sent, Çanakkale'de yapılacak RES için kWh başına 3,67 \$-sent ile en düşük teklifi, Enercon ise Muğla'da yapılacak RES için kWh başına 4,00 \$-sent, Balıkesir'de yapılacak RES için 3,53 \$-sent ile en düşük teklifi sunmuştur. ETBK ile firmalar arasındaki sözleşmeler Mart 2020'de imzalanmıştır. [16]

Dünyada hızla yeni uygulama alanları bulan deniz üstü RES'ler için ülkemizde ilk somut adım 21 Haziran 2018 tarih ve 30455 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan duyuru ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 1.200 MW kapasiteyle kurulacak deniz üstü (offshore) rüzgâr enerjisi santrali için yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) tahsisi ve bu alanlar için belirlenen bağlantı kapasiteleri kullanılması ihalesi için son başvuru tarihinin 23 Ekim 2018 olarak açıklanması ile atılmıştır. Tavan fiyat 8 \$-sent/kWh olarak belirtilmiş, Saros, Kıyıköy ve Gelibolu aday bölgeler arasında yer almıştır. Santralin "Türkiye'nin ilk, dünyanın en büyüğü" olacağı ifade edilmiş[17], ancak ihaleye katılan olmaması, konu ile ilgili yeni bir duyuru da yapılmamıştır.

Ardından Mart 2019'da Danimarka ile Türkiye arasında, açık denizlerde kurulacak rüzgâr santralleri için ikili anlaşma imzalanmış, anlaşma kapsamındaki projenin resmi başlangıcı ve 1. Yönlendirme Komitesi toplantısı 24 Mart 2019 tarihinde Ankara'da gerçekleştirilmiştir. Basında Danimarka'nın, Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) modeli kapsamında yeniden ilan etmeyi hedeflediği ihaleye teknik destek vereceği ve deniz üstü (offshore) teknolojisi seçimi, yer seçimi ve ihalelerde yatırımcılara verilecek süreler hakkında ETKB'ye destek olmasının beklendiği dile getirilmiştir. [18]

Ülkemizde öncelikle kara potansiyelinin daha iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Ardından deniz üstü RES'ler kısa vadede olmasa da orta ve uzun vadede ülke ve sektör gündeminde yer alacaktır. Ancak hem üretim hem uygulama konusunda karasal türbinlere göre farklı teknoloji ve yöntemler gerektiren bu alanda fazlasıyla ön çalışmaya ve bilgi birikimine ihtiyaç vardır. Özellikle türbin teknolojisi, su derinlikleri ve zemin karakteristikleri, temel tasarımları, kıydan uzaklıklar, şebekeye bağlantı durumları ve altyapı gereklilikleri, hukuk ve mevzuat açısından kıta sahanlıkları ve uluslararası deniz alanları detaylı ve dikkatli bir şekilde analiz edilmeli, ilgili çalışmalar orta-uzun vade sonuçlar hedeflenerek başlatılmalıdır.

Önümüzdeki dönemde yapılacak YEKA ihalelerine ilişkin esaslar, Resmi Gazete'nin 26.03.2020 tarihli 31080 (mükerrer) sayısında yayımlanan Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (No: 7226) kapsamındaki 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da yapılan değişiklikte yer almıştır. Buna göre, yenilenebilir enerji kaynak alanlarında kurulacak üretim tesisleri için yapılacak ihaleler ETKB tarafından belirlenecek Türk Lirası tavan fiyattan açık indirim şeklinde yapılacak; oluşacak fiyatın yarışma şartlarında belirlenecek süre içerisinde güncellenmesine ilişkin usul ve esaslar, yarışma şartnamesinde Bakanlıkça belirlenecek; bu madde kapsamında kurulacak üretim tesisleri için önlisans ve lisans verme koşulları, iptali ve tadili ile ilgili hususlar EPDK tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenecektir.

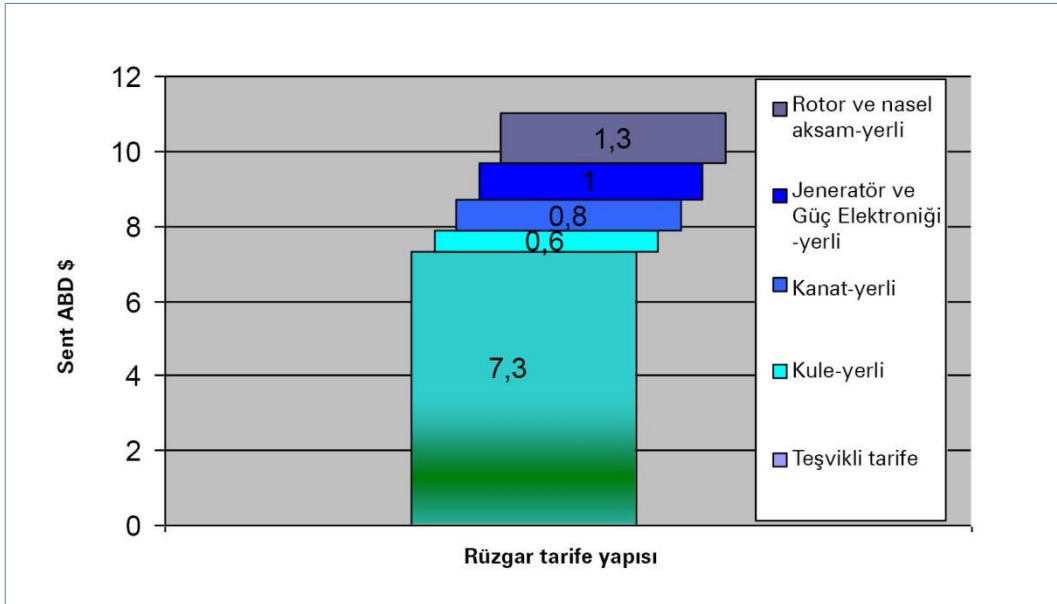
11.5 RÜZGÂR ENERJİSİ EKİPMANLARININ YERLİ ÜRETİMİNİ SAĞLAMAYA YÖNELİK UYGULAMALAR

YEKDEM destekleri ve YEKA ihalelerinde şart koşulan yerlilik oranlarının da etkisiyle, son 12 yıl içerisinde Türkiye’de 8 kule, 3 türbin kanadı, 4 jeneratör ile 2 dişli ve dişli kutusu parçaları üreticisi RES sanayisine kazandırılmıştır.[19] Bununla birlikte bazı bileşenlerin tek bir firma tarafından yapılamaması nedeni ile türbin bileşenleri sanayisinin daha güçlü işbirliğine ihtiyaç vardır. Ara ve yan sanayinin desteklenmesi yönünde çözümler üretilmelidir. Öte yandan tüm imalatçılar yurtdışı firmaların alt yüklenicisi konumunda olup imalatlar teknoloji firmalarının sağladıkları teknik bilgilerle yapılmaktadır. Hâlbuki günümüzde asıl olan tasarım kabiliyetine sahip olunmasıdır. Bu nedenle yerli tasarım çalışmaları özendirilmelidir.

11.5.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik Kapsamında Verilen Destekler

5346 sayılı Kanun’daki II Sayılı Cetvel’e göre *lisanslı ve lisanssız rüzgâr santralinden üretilen elektriğin tarifesi* ve *lisanslı rüzgâr santralinde yerli üretim ekipman kullanımı halinde, kullanılan yerli ekipmana göre mevcut tarifeye ek olarak uygulanacak fiyatlar* Şekil 11.4’te gösterilmektedir.

Yerli katkıdan faydalanmak isteyen başvuru sahiplerine ödenecek ilave fiyat, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik kapsamındaki listenin yurt içinde imal edilen bütünleştirici parçanın aksam içindeki oranlarına (Tablo 11.3) ve ilgili formüle göre hesaplanır.



Şekil 11.6 Rüzgâr YEKDEM Tarifesi ve Lisanslı RES’lerde Kullanılan Yerli Aksam İçin Yapılacak Ek Ödemeler

Yerli katkı desteğinden faydalanmak isteyen başvuru sahiplerine ödenecek ilave fiyat, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik kapsamında 2020 yılı sonuna kadar kısmen veya tamamen işletmeye girmiş veya girecek olan üretim tesislerine ilişkin üretim lisansı sahibi tüzel kişilerin lisansına derç edilen ilk kurulu gücün;

- a) tamamının işletmeye girmesi ve YEKDEM'e katılması halinde, işletmeye giriş tarihinden itibaren,
b) tamamı işletmeye girmeden YEKDEM'e katılması halinde ise, YEKDEM'e ilk katıldığı tarihten itibaren,

on yıllık YEKDEM süresinin ilk beş yılı için verilir ve aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$YKİF = \left[\sum_{i=1}^n (AİO_i) \right] * YKİ$$

Formülde;

YKİF: Yerli Katkı İlave Fiyatını (ABD doları-sent/kWh),

AİO: Yönetmelik Ekindeki Bütünleştirici Parçanın Aksam İçindeki Oranını (%),

YKİ: 5346 Sayılı Kanun'a ekli II Sayılı Cetvel'deki Yerli Katkı İlavesini (ABD doları-sent/kWh),

n: Aksam İçerisinde Yerli İmal Edilen Bütünleştirici Parça Sayısını

gösterir.

Tesisin herhangi bir ünitesinde kullanılan herhangi bir aksam için yerli aksam oranı, tesiste kullanılan tüm üniteler için aynı olmak zorundadır. Bütünleştirici parçanın aksam içindeki oranının aynı olmaması durumunda üniteler arasındaki en düşük yerli aksam oranı dikkate alınarak yerli katkı ilave fiyatı hesaplanır.

Tablo 11.3 RES'lerde Kullanılan Yurt İçinde İmal Edilen Aksam Tanımları ve İlave Fiyat İçin Gereken Oranları

Yurt İçinde İmal Edilen Aksam	Bütünleştirici Parçalar	Yerli Aksam Oranı (%)
1. Kanat	Kanat ve rotor göbeği bağlantı elemanları	100
2. Jeneratör ve Güç Elektronikleri	Jeneratör: Rotor milinden alınan mekanik enerjiyi stator ve rotor ekipmanları yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren donanım.	70
	Güç elektronikleri: Jeneratörlerden üretilen elektrik enerjisi karakteristiğinin, tesisin şebekeye bağlantı noktasındaki elektriksel karakteristikler ile uyumlu hale getirilmesinde kullanılan elektrik/elektronik donanım ve bu donanıma ait yazılım (trafo ve şalt ekipmanlar hariç).	30
3. Türbin kulesi	3.1 Rotor ve nasele gruplarını taşıyan kule (a) Kule (b) Kule iç donanımı: Yapısında asgari olarak; düşey tırmanma merdiveni, platformlar, kule kapısı ve çerçevesi, varsa servis/yük asansörü ile kule giriş merdiveninden oluşan kule mekanik iç donanımı	80
	3.2. Kule Bağlantı Elemanları Kuleyi-zemine, kuleyi-nasele ve kule parçalarını birbirine bağlamada kullanılan asgari olarak çelik kulelerde; ankraj plakaları, ankraj sapla-	20

	maları, somunlar, pullar, civatalar ve/veya saplamalardan, beton kulelerde ise; çelik halat, halat sabitleme parçaları, somunlar, pullar, civatalar ve/veya saplamalardan oluşan elemanlardır.	
4. Rotor ve Nasel Gruplarındaki Mekanik Aksamın Tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç)	4.1. Rotor göbek bloğu (Hub) Asgari olarak kanatların bağlandığı döner tabla dişlileri veya kanat yatakları ile kanat yönlendirme sistemine (pitch system) ait aksamın monte edilebileceği blok yapı.	15
	4.2. Nasel ve varsa rotor göbek bloğu dış kabinleri Naselin ve rotor göbek bloğunun içinde bulunan mekanik ve elektromekanik aksamın dış ortamdaki korunmasını sağlayan ve genellikle cam elyaf, fiberglas veya alüminyum gibi hafif malzemelerden yapılan koruyucu kabin.	5
	4.3. Kanat yönlendirme sistemi (pitch sistemi) Kanatların rüzgâr esme hızlarına bağlı olarak açılmasını sağlayan sistem	
	4.3.1. Rotor göbek bloğundaki döner tabla dişlileri veya kanat Yatağı Kanatların rotor göbek bloğuna monte edildiği ve açılmasını sağlayan yardımcı olan dişli ve mekanik donanım	5
	4.3.2. Kanat yönlendirme sisteminin elektrik/hidrolik motoru, redüktörü ve pinyon dişlisi veya hidrolik donanım	5
	4.4. Nasel yönlendirme mekanizması (Yaw Sistemi) Naselin rüzgâr esme yönüne doğru hareket etmesini sağlayan sistem	
	4.4.1. Nasel-Kule arasındaki döner tabla dişlisi Elektrik, hidrolik veya pnömatik tahrik üniteleri ile çevresel nasel yönlendirme mekanizmalarından (yaw system) üretilen gücün aktarıldığı ve naselin rüzgâr esme yönüne yönlendirilmesini sağlayan ana dişli.	5
	4.4.2. Nasel yönlendirme sisteminin elektrik/hidrolik motoru, redüktörü ve pinyon dişlisi	5
	4.5. Ana veya sabit mil Doğrudan rotor kanatlarına bağlantılı olan ve rotorun kinetik enerjisinin nasel içindeki güç aktarma organları veya jeneratöre aktarılmasında kullanılan mil.	10
	4.6. Ana mil yatağı ve varsa yatak bloğu Rotor kanatlarına bağlı olan ana milin mesnetlendiği makine elemanıdır.	5
4.7. Nasel içerisindeki mekanik ve elektro-mekanik aksamı taşıyan iskelet yapılar (şase) Nasel içindeki ilgili mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın monte edildiği ve döküm yöntemleri ve/veya kaynaklı imalat vb. teknikleriyle üretilen taşıyıcı yapılar.	10	
4.8. Mekanik ve aerodinamik fren diskleri ve hidrolik kontrol sistemleri	5	
4.9. Dişli kutulu hız dönüştürücüsü elemanları (Hız dönüştürücü redüktör vb. aksam) veya doğrudan sürücülü türbinlerde jeneratör sisteminin tamamının yapılması * *Dişli kutusunun olmadığı doğrudan sürücülü türbinlerde jeneratör sistemi bütünlükle tasarlandığından 2.1 alt başlığı altında yer alan jeneratör bütünlüştürücü parçasının oranını ve ilgili desteğini ve ayrıca bu gruptaki aksamın % 55 oranını sağlamak kaydıyla bu maddede tanımlanan orandaki desteği alır.	30	

11.5.2 YEKA İhalelerindeki Yerli İmalat Şartları

İhale şartnamelerindeki tablolara göre temin edilecek olan rüzgâr türbinlerinin toplam yerlilik (yurtiçinde üretim) puanları toplamı YEKA 1'de en az 65, YEKA 2'de en az 55 olması gerekmektedir. YEKA 1'de türbin imalatı ve parçaların montajı için özel bir fabrika ve ayrıca bir AR/GE merkezi kurulması şartı varken, YEKA 2'de böyle şartlar olmayıp sadece 55 puan asgari sınırını sağlayabilecek şekilde yurtiçinde üretilmiş parçaların kullanılması yeterli olmaktadır. İlgili aksam ve puanlama detayı Tablo 11.4'te belirtilmiştir.

Tablo 11.4 YEKA İhaleleri Yerlilik Puan Dağılımı

TESİS BİLEŞENLERİ	AKSAM	AKSAM YERLİLİK	AKSAM ASGARI YERLİLİK ORANI (%)	
		PUANI	YEKA 1	YEKA 2
KULE	1. Türbin Kulesi	17	65	65
	2. Kule mekanik iç donanımı	4	65	51
	3. Kule bağlantı elemanları	1	70	51
ROTOR	1. Kanat	19,5	60	60
	2. Rotor göbek bloğu (hub)	2,3	60	51
	3. Rotor göbek bloğundaki döner tabla dişlileri ve kanat yatağı	1	51	51
	4. Ana veya sabit mil	2	51	51
	5. Kanat yönlendirme sistemi (Pitch system)	4,5	51	51
NESEL	1. Nesel ve hub dış kabinleri	2	70	51
	2. Nesel içerisindeki iskelet yapılar (Şase)	3	65	51
	3. "Nesel-Kule" arasındaki döner tabla dişlisi	1	55	51
	4. Nesel yönlendirme sistemi (Yaw system)	3	51	51
	5. Ana mil yatağı ve varsa yatak bloğu	1,7	51	51
	6. Soğutma sistemi	1	51	51
	7. Fren sistemi	1,2	51	51
	8. Hidrolik sistemi	1,3	51	51
ELEKTROMEKANİK GÜÇ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ	A.1. Dişli Kutusu	15	51	51
	A.2. Dişli kutusu türbin generatörü	5	51	51
	B.1. Doğrudan tahrikli türbin generatörü	20	51	51
GÜÇ SİSTEMLERİ	1. Türbin transformatörü	1,5	51	51
	2. Güç dönüştürücüsü	3	51	51
	3. Elektronik güç kontrol ünitesi	3	51	51
DİĞER	1. Havacılık ikaz sistemi	0,5	51	51
	2. Hız, yön, sıcaklık, basınç, nem sensörleri	0,5	51	51
	3. Dahili nesel vinçi	0,5	51	51
	4. Küçük döküm parçalar ve bağlantı elemanları	0,5	51	51
	5. Yağlama sistemi	1	51	51
	6. Topraklama / paratoner sistemi	0,5	51	51
	7. Veri İzleme, Sorgulama, Kontrol Sistemleri	3	51	51
	8. Diğer	0,5	51	51

11.6 DEĞERLENDİRME VE SORUNLAR

- Mevcut durumda rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destek Mekanizması (YEKDEM) ile desteklenmektedir. Mevcut YEKDEM uygulaması 2020 yılı sonunda sona erecektir. Bu destek sisteminin geleceğinde belirsizlik vardır. YEKDEM bu raporda ayrı bir bölümde detaylı olarak incelenmektedir.
- 2020 sonrasında YEKA ihalelerinin rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri kapasite tahsisinde ana mekanizma olacağı açıklanmış ancak YEKA 1 sözleşmesinde taahhüt edilen proje tarihlerinin sarkması 2020 sonrasında rüzgâr enerjisi gelişimi konusunda daha belirsiz bir hale getirmiştir.
- YEKA 1 kazananı Kalyon-Türkerler-Siemens konsorsiyumunun, ihale şartlarında yer alan ve taahhüt edilen fabrika kurulumu, üretim başlangıcı, ilk türbin üretimi ve ilk türbinin/santralin devreye alınmasını belirtilen tarihlerde yerine getiremediği, proje çıktılarının ve hatta konsorsiyumun devamının YEKA GES sürecinde olduğu gibi zora girdiği görülmektedir.
- YEKA 1'in ardından YEKA 2'de tahsisler 250 MW olarak tanımlanmıştır. Önümüzdeki yıllarda bu miktarın daha da azalarak 50 MW'lık "Mini YEKA"lar yapılması söz konusudur.
- EPDK önlisans yarışmalarında verilen ekşi fiyat (oluşacak olan anlık piyasa takas fiyatının altında) tekliflerinin yatırımcıları "Exim" kredileri ile türbin bileşenlerini yurtdışından temin yoluna yönelteceği, bunun da yerli sanayinin gelişmesine olumsuz etki yapacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

1. Şenel, M. C., Koç Erdem, 2015, "Dünyada ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme", cilt 56, sayı 633, sayfa 45-45, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/8453498933681d8_ek.pdf, son erişim tarihi 01.04.2020.
2. <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>, son erişim tarihi 01.04.2020.
3. IEA *World Energy Outlook 2019*.
4. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, son erişim tarihi 01.04.2020.
5. <https://map.neweuropeanwindatlas.eu/>, son erişim tarihi 01.04.2020.
6. <https://globalwindatlas.info/>, son erişim tarihi 01.04.2020.
7. World Bank Group, *Going Global-Expanding Offshore Wind To Emerging Markets*, Ekim 2019
8. <https://www.enerjigazetesi.ist/enerjide-2023-vizyonu-enerji-verimliliği/>.
9. GWEC *Global Wind Report 2008*, <https://gwec.net/publications/global-wind-report-2/>, son erişim tarihi 01.04.2020.
10. GWEC *Global Wind Report 2019*, https://gwec.net/global-wind-report-2019/?mc_cid=86be31ad9a&mc_eid=d37f93a312, son erişim tarihi 01.04.2020.
11. www.teias.gov.tr, son erişim tarihi 01.04.2020.
12. <https://www.aa.com.tr/tr/info/infografik/17903>, son erişim tarihi 01.04.2020.
13. EPIAŞ, *2019 Yılı Elektrik Piyasaları Özet Bilgiler Raporu*.
14. Deloitte, *YEKA: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı*, 2017.
15. <https://yesilekonomi.com/yeka-res-turbin-fabrikasini-devreye-alma-calismalari-basliyor/>, son erişim tarihi 01.04.2020.
16. *TEBA Haber* Sayı:1961, 30.03.2020.
17. <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-ilk-offshore-ruzgar-santrali-ihalesi-icin-son-basvuru-tarihi-belli-odu/1180627>, son erişim tarihi 01.04.2020.
18. *TEBA Haber* Sayı: 1910, 25 Mart 2019.
19. TÜREB, *Rüzgâr Enerjisi Memleket Meselesi Sunumu*, 28 Ocak 2020 ODTÜ MD Enerji Komisyonu.

ÖZGEÇMİŞ



Görkem TENELER
gorkem.teneler@mmo.org.tr

3 Mayıs 1986 tarihinde İzmir'de doğdu. Lisans öğrenimini 2010 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü'nde, yüksek lisans öğrenimini 2011 yılında Uppsala Üniversitesi Enerji Teknolojileri/Rüzgâr Enerjisi Proje Yönetimi alanında tamamladı.

2011-2013 yılları arasında Uppsala Üniversitesi'nde araştırmacı/AB proje asistanı olarak görev yaptı. 2014 yılından bu yana Verk Enerji Teknolojileri'nde yönetici ortak, 2018 yılından bu yana Enercast GmbH firmasında danışman olarak çalışmalarına devam etmektedir.

Rüzgâr enerjisi uzmanlık alanında; Birleşmiş Milletler Rüzgâr Enerjisi Çalışma Grubu üyesi, IEC Rüzgâr Enerjisi Bölümü WG 15 ve MT 12-1 Çalışma Grubu üyesi, IEC 2017 Genç Profesyonelleri Türkiye temsilcisi ve TSE MTC 150 Rüzgâr Enerjisi Ayna Komitesi başkan vekili olarak görev almıştır.

Makina Mühendisleri Odası çalışmalarına, MMO KALMEM Rüzgâr Ölçümleri 17025 Deney Akreditasyonunda danışman/dış uzman, 3., 4. ve 5. İzmir Rüzgâr Sempozyumu'nda Yürütme Kurulu üyesi, MMO İzmir Şubesi Yenilenebilir Enerji Kaynakları Uzmanlık Komisyonu'nda 27. Dönem üye, 28. Dönem başkan vekili, MİEM Rüzgâr Enerjisi eğitimleri kapsamında danışman/eğitmen, 29. ve 30. Dönem İzmir Şube Yönetim Kurulu yedek üyesi olarak görev alarak katkıda bulunmuştur.