



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



For your next Wind Project



İZMİR KALKINMA AJANSI

İZMİR'DE RÜZGÂR TÜRBİNİ GERİ DÖNÜŞÜM YOL HARİTASI



- GTE Sustainability Research and Consultancy
- Kanat Üretim Tesisleri
- Türbin Komponent/Hammadde Üreticileri
- Türbin Üreticileri
- Diğer Sektör Üreticileri
- EBSO Atıkların Geri Kazanılması Sanayi Meslek Komitesi
- STKlar (ENSİA, Kompozit Sanayicileri Derneği, TTGV)
- Lojistik Firmaları
- Atık Yönetim Firmaları
- Çimento Tesisleri
- Kırıcı Ekipman Firmaları
- Teşvik Kurumları
- TÜBİTAK
- EBRD
- AR-GE ve Tasarım Kuruluşları
- Akademi
- Enerji Yatırımcısı Firmalar
- İzmir Büyükşehir Belediyesi







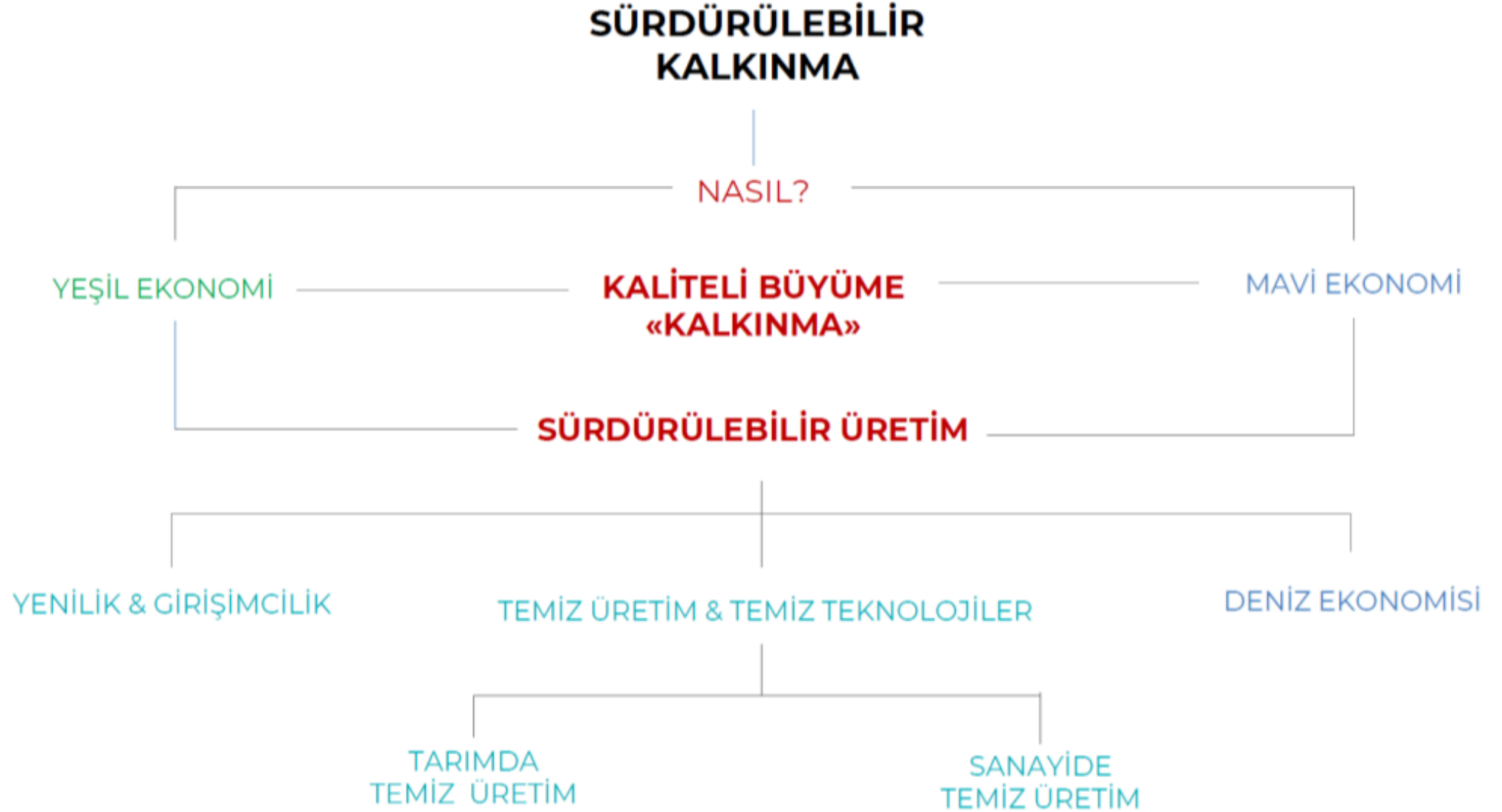






Sürdürülebilir Kalkınma İçin KÜRESEL AMAÇLAR







T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

Rüzgar Türbini Geri Dönüşümü Yol Haritası

Yeşil Büyüme
Stratejisi ile uyumlu
olarak, temiz enerji
ve temiz teknolojiler
konularında katma
değerin artırılması

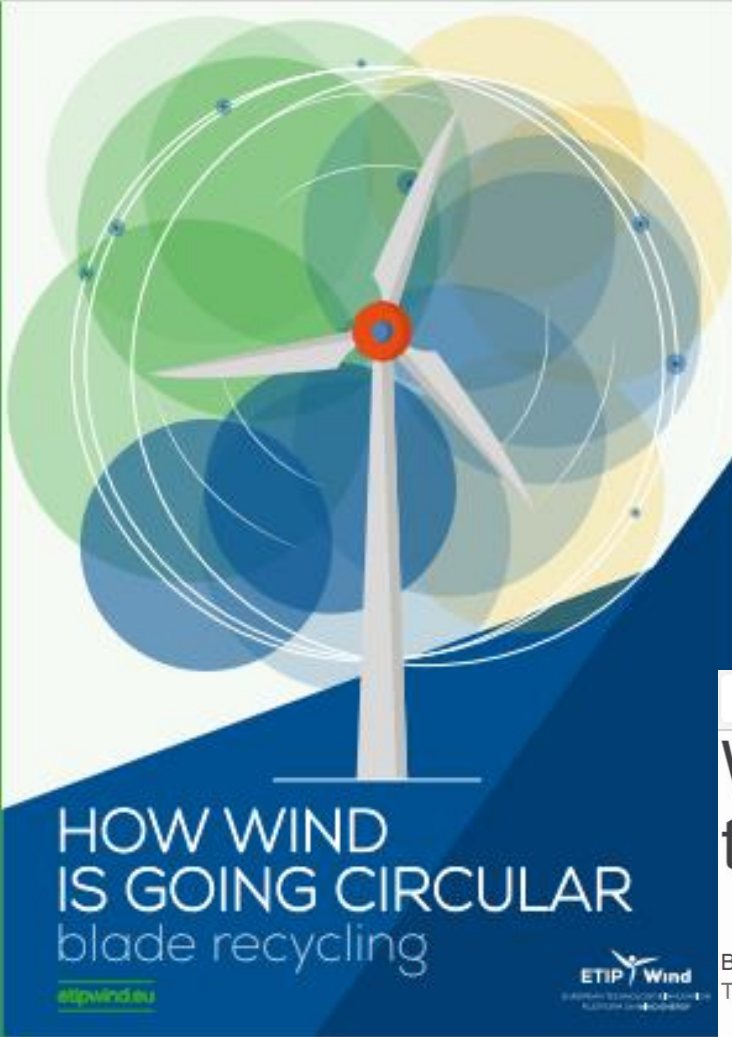
Rüzgarın
Başkenti İzmir'de
Yatırım
Ortamının
İyileştirilmesi

İzmir Bölgesinin mevcut
altyapısını, coğrafi
avantajını ve
yetkinliklerini kullanarak
Rüzgar Türbini Geri
Dönüşümü Sektörü'nün
geliştirilmesi

Bu sektörün rekabetçi/sürdürülebilir gelişimini sağlayacak
işbirliklerinin hayata geçirilebilmesi

- Bir rüzgar türbininin ortalama ömrü 20-30 yıldır.
- Genel olarak, rüzgar türbinlerinin yaklaşık %80-%90'ının geri dönüştürülebilir olduğu kabul edilmektedir.
- Temel, kule, jeneratör ve dişli kutusunun (çelik, alüminyum, plastik parçalar, bakır teller, bazı elektronik malzemeler, yağlar, kontamine parçalar vb) geri dönüştürülebilir olduğu ve mevcut geri dönüşüm veya yeniden kullanım süreçlerine entegre olabildiği belirtilmektedir.
- Fakat termoset / kompozit malzemeden üretilen türbin kanatları geri dönüştürülmesi son derece zor malzemelerdir.
- Bu malzemeler genellikle gömülmekte, çok az bir kısmı çimento sektöründe kullanılmaktadır.
- Malzemenin geri dönüşümüne veya tamamen geri dönüştürülebilir malzemeden oluşan kanat üretimine yönelik araştırmalar küresel düzeyde önde gelen firmalarca çalışılmaktadır.

Rüzgar enerjisi değer zincirini tamamen dögüsel bir hale dönüştürmek!



Wind turbine blades to get second life as
station energy storage



<https://www.bbc.com/news/business-51325101.amp>

What happens to all the old wind turbines?

By Padraig Belton
Technology of Business reporter

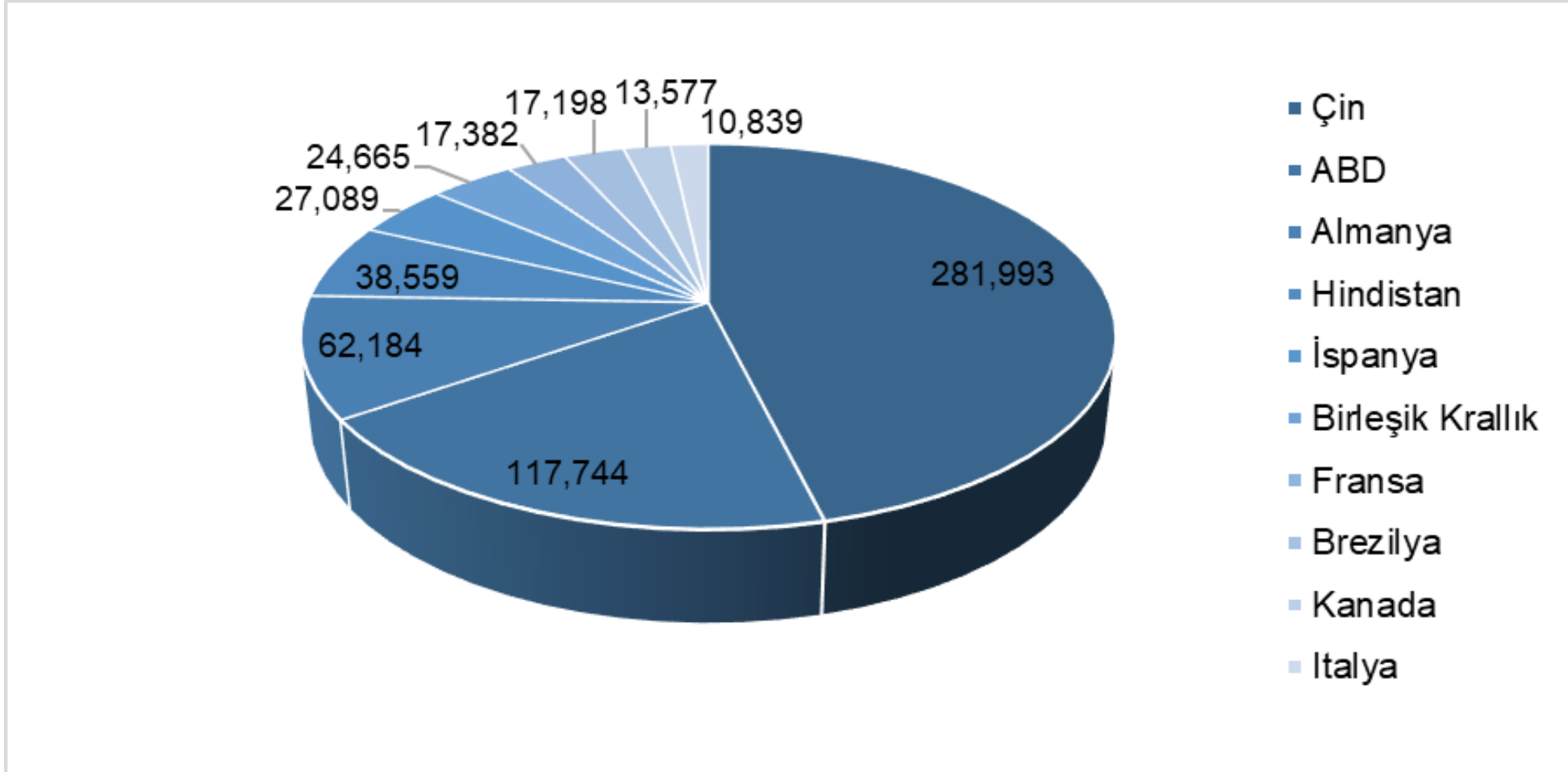
7 February 2020



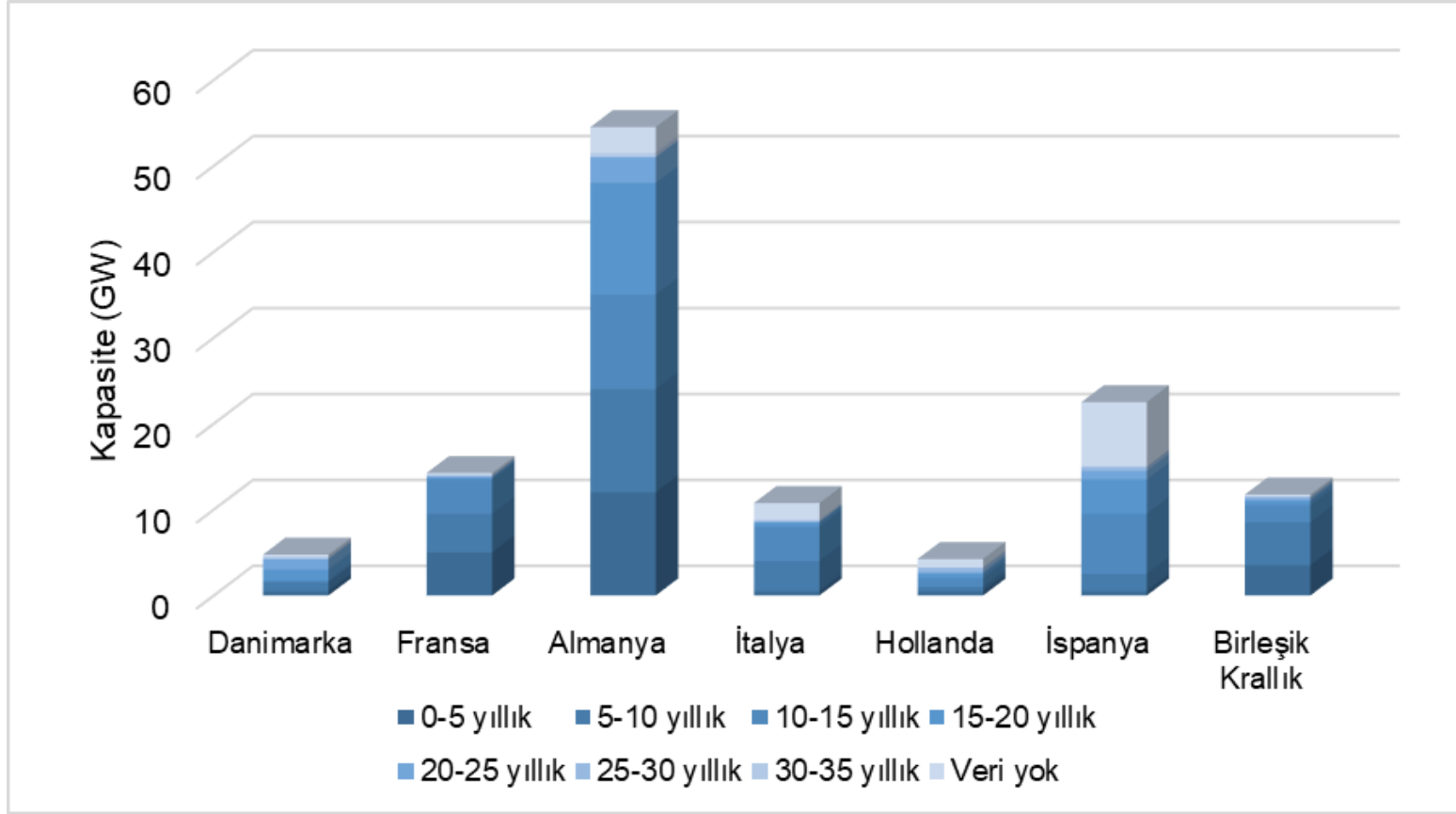
Accelerating Wind Turbine Blade Circularity

May 2020

Rüzgâr Enerjisi Kapasitesine Göre Dünyanın İlk 10 Ülkesi

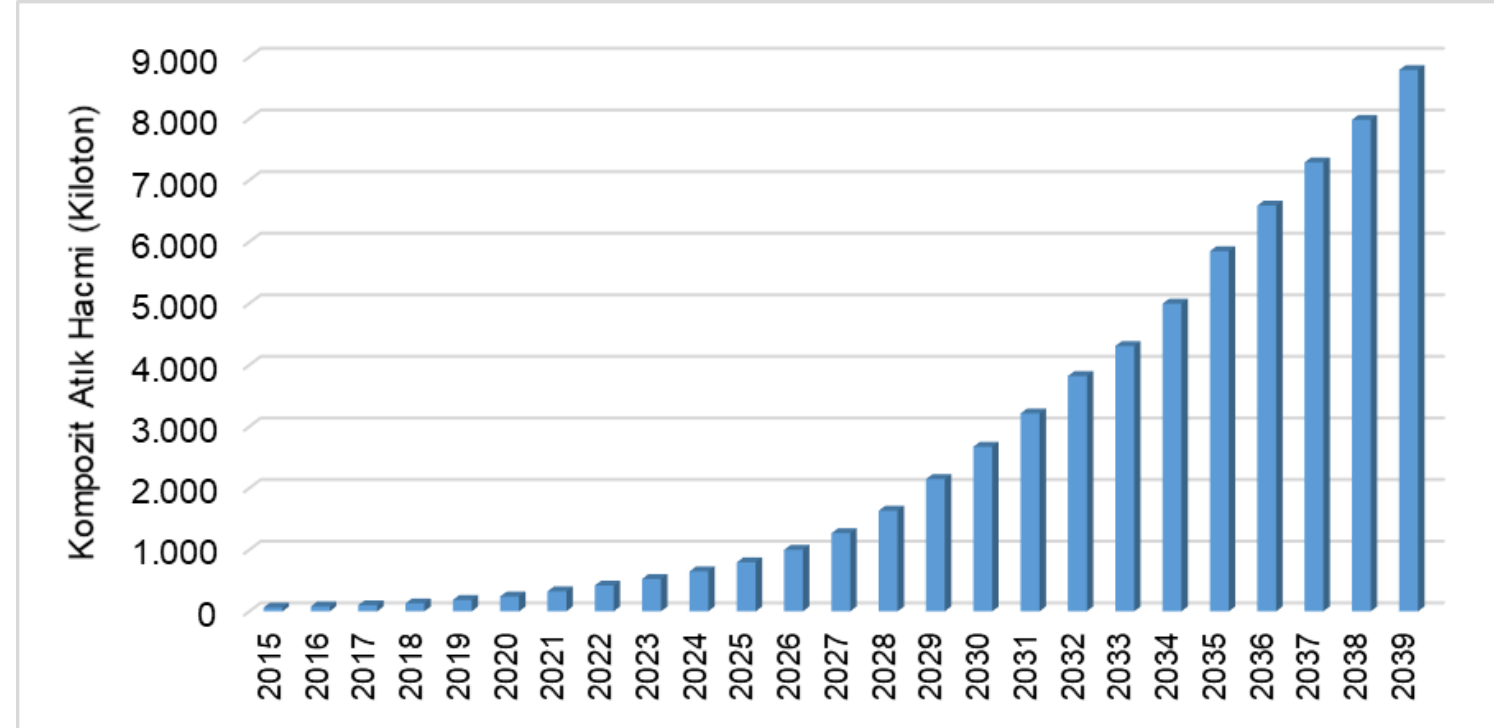


Kaynak: IRENA, 2021



2020'ye kadar Avrupa'da 42.000 türbin hizmet dışı bırakıldı.
Önümüzdeki 5 yılda da 15.000 rüzgar türbini kanadı hizmet dışı bırakılacak.

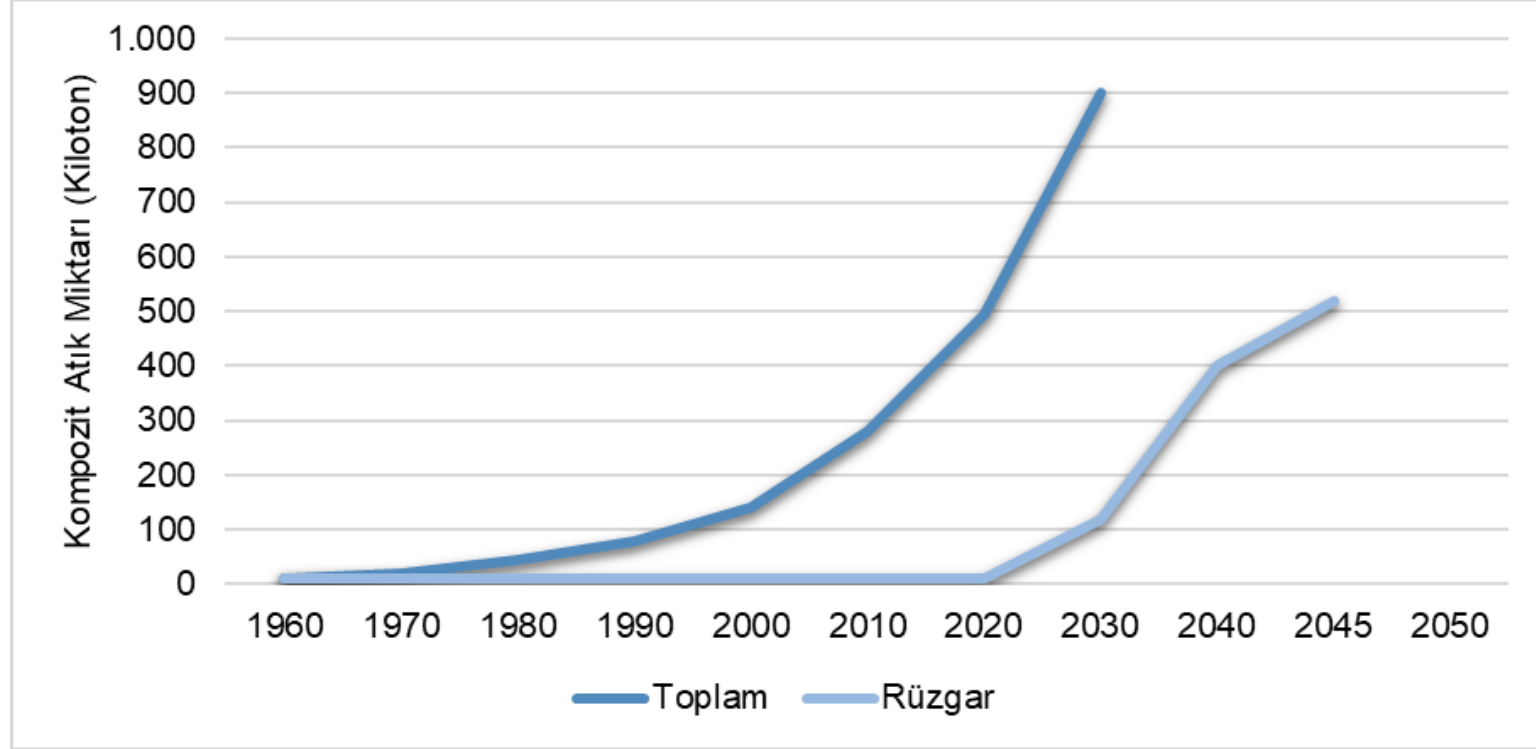
Rüzgâr Enerjisi Endüstrisinden Kaynaklanacağı Tahmin Edilen Küresel Kompozit Atık Hacmi



Bugün 2,5 milyon ton kompozit malzeme rüzgar enerjisi sektöründe kullanılıyor.
1 MW = 12-15 ton kompozit

Kaynak: FutureBridge, 2020

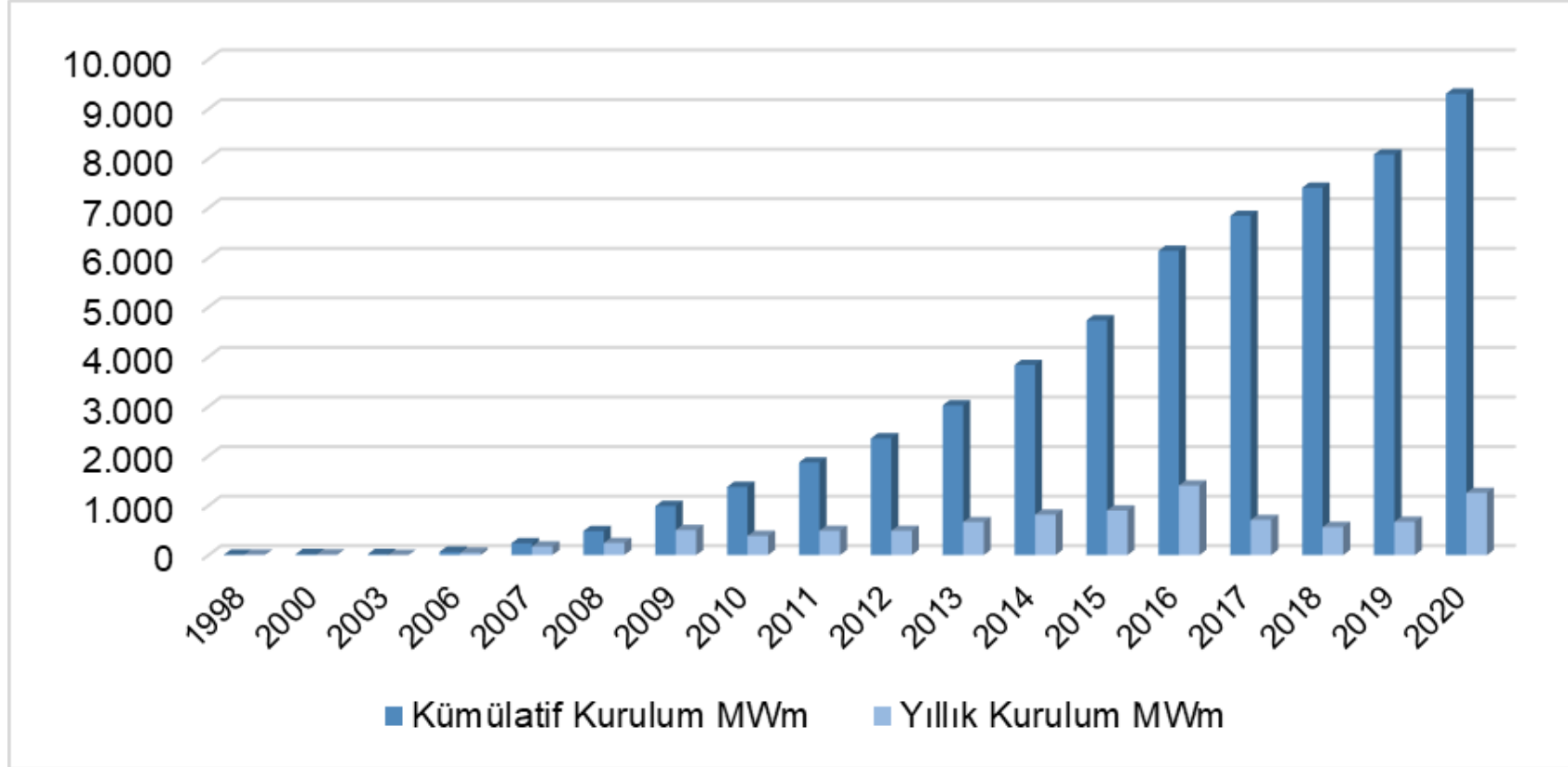
Rüzgâr Enerjisi ve Diğer Sektörlerden Kaynaklanan Kompozit Atık Miktarı (kton/yıl)



Yapı ve inşaat, elektrik ve elektronik, ulaşım, denizcilik, üretim atıkları, havacılık, tank ve boru sektörleri

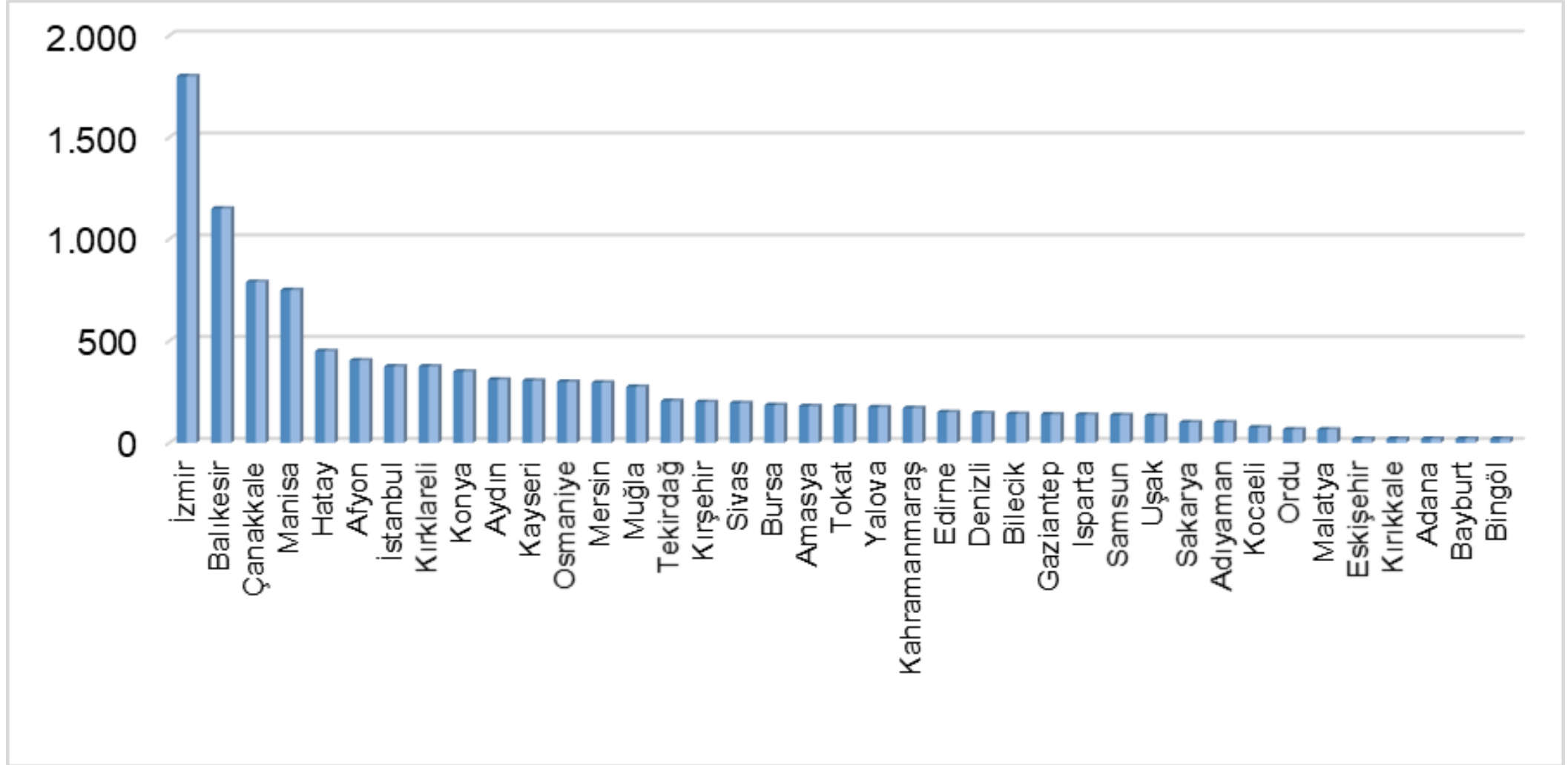
Kaynak: WindEurope, 2020

Türkiye’de Yıllar İçinde Devreye Alınan Rüzgâr Santralleri



Ülkemizde halen işletmede olan 239 adet santralde toplam 3.591 adet rüzgâr türbini bulunmaktadır

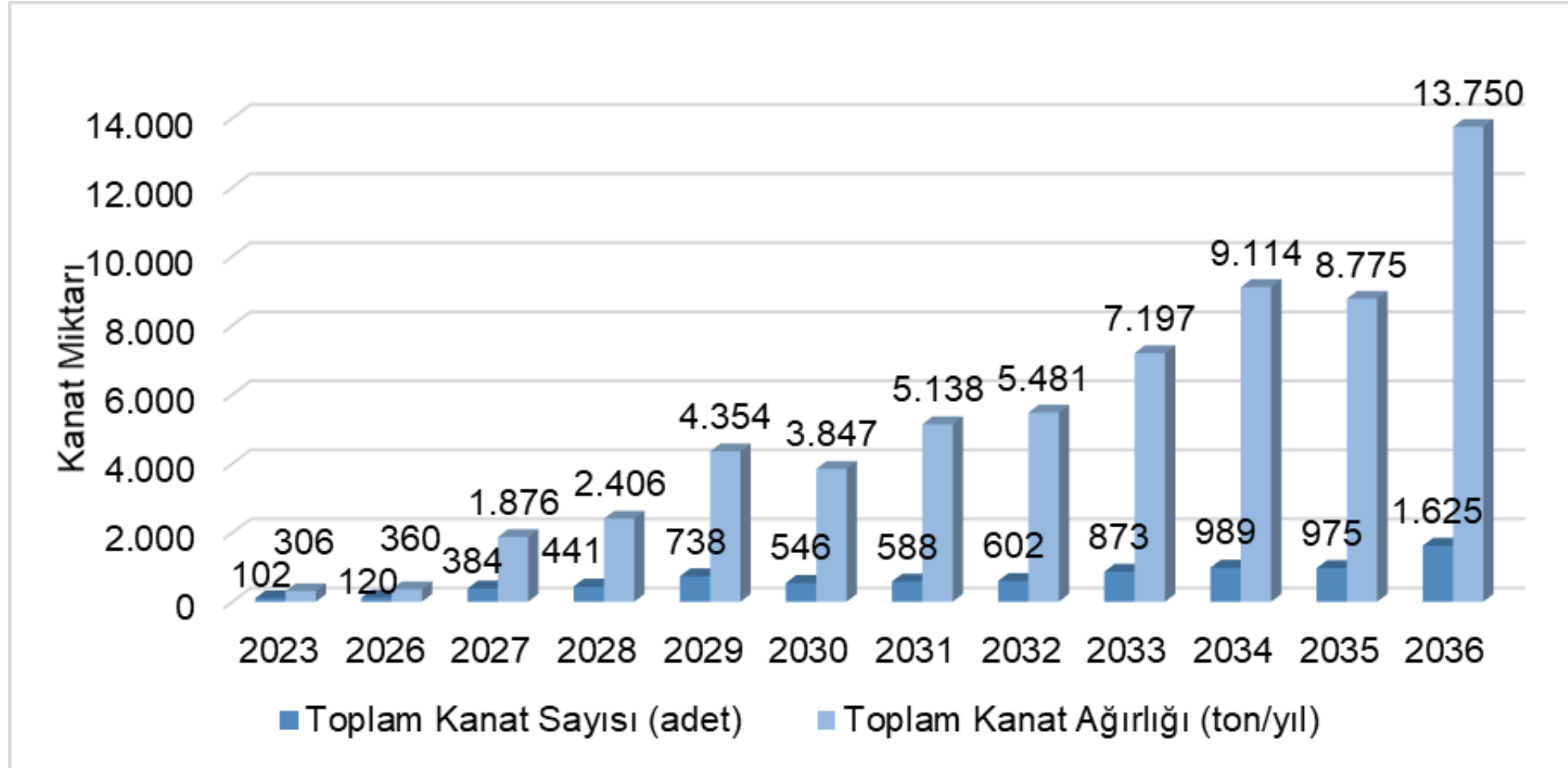
İllere Göre Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü (MW)



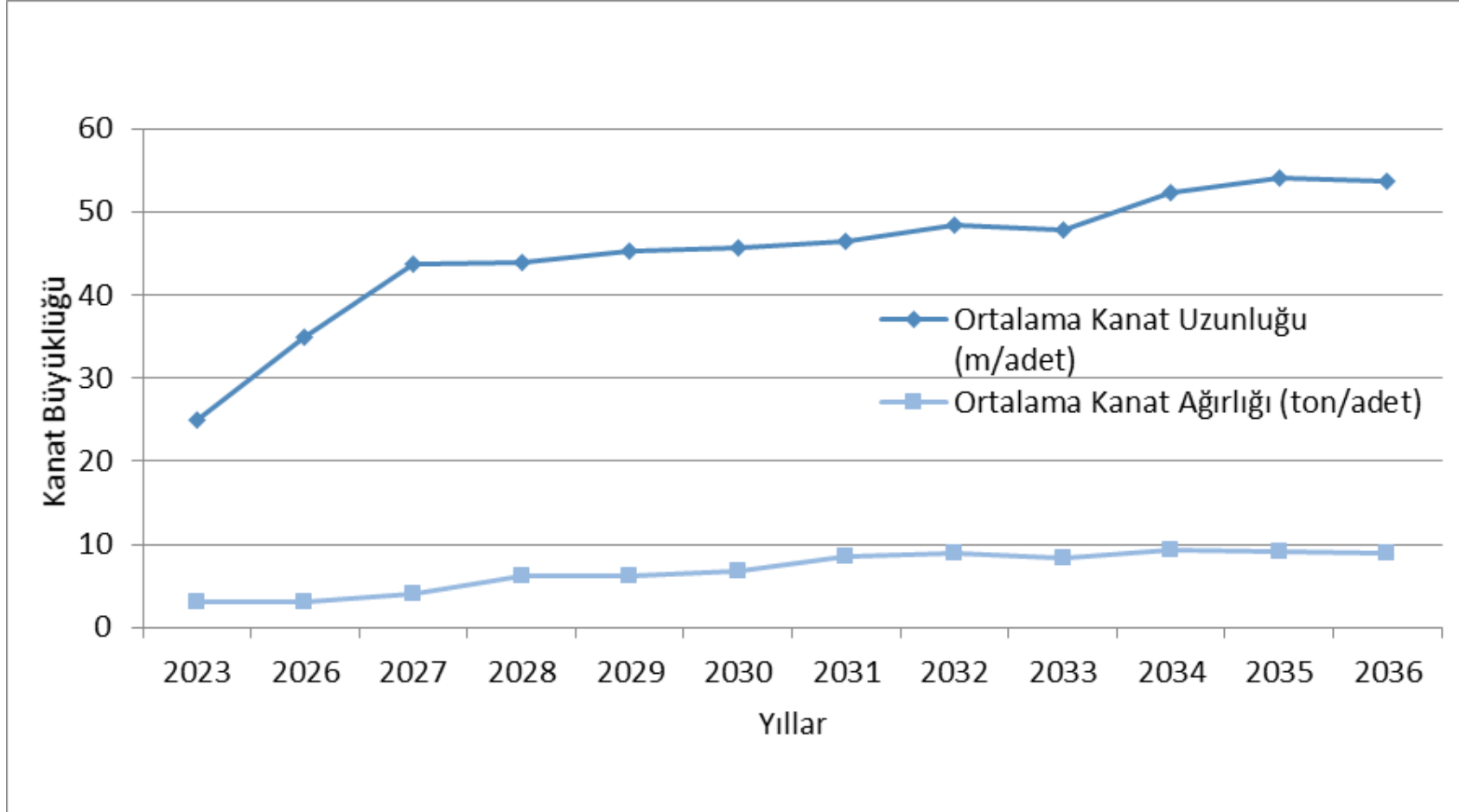
2023-2036 Yılları Arasında Türkiye’de Ömrünü Tamamlaması Beklenen Türbin Kanat Sayıları

- Ülkemizde ilk rüzgâr türbini 1998 yılında İzmir, Alaçatı'ya 7 km uzaklıkta yer alan Germiyan köyünde devreye girmiştir.
- Bu tarihten itibaren 2000’li yılların başına kadar yaklaşık 7-8 yıllık süre içerisinde oldukça sınırlı sayıda yatırım gerçekleşmiş ve toplam kurulu güç 2006 yılına kadar 20 MW seviyelerinde kalmıştır.
- 2006 yılı itibariyle ülkemizde yenilenebilir enerji teşvik sisteminin devreye girmesiyle birlikte rüzgâr türbin yatırımları artmıştır.
- **Önümüzdeki 5 yılın tamamlanmasını takiben pek çok santral 20 yaşını doldurmaya başlayacaktır.**
- **10 yıl içinde ömrünü tamamlamış türbin kanadı miktarının yıllık 5 bin ton, takip eden 5 sene içinde (2036 yılında) ise yıllık 13.750 ton mertebelerine ulaşması beklenmektedir.**

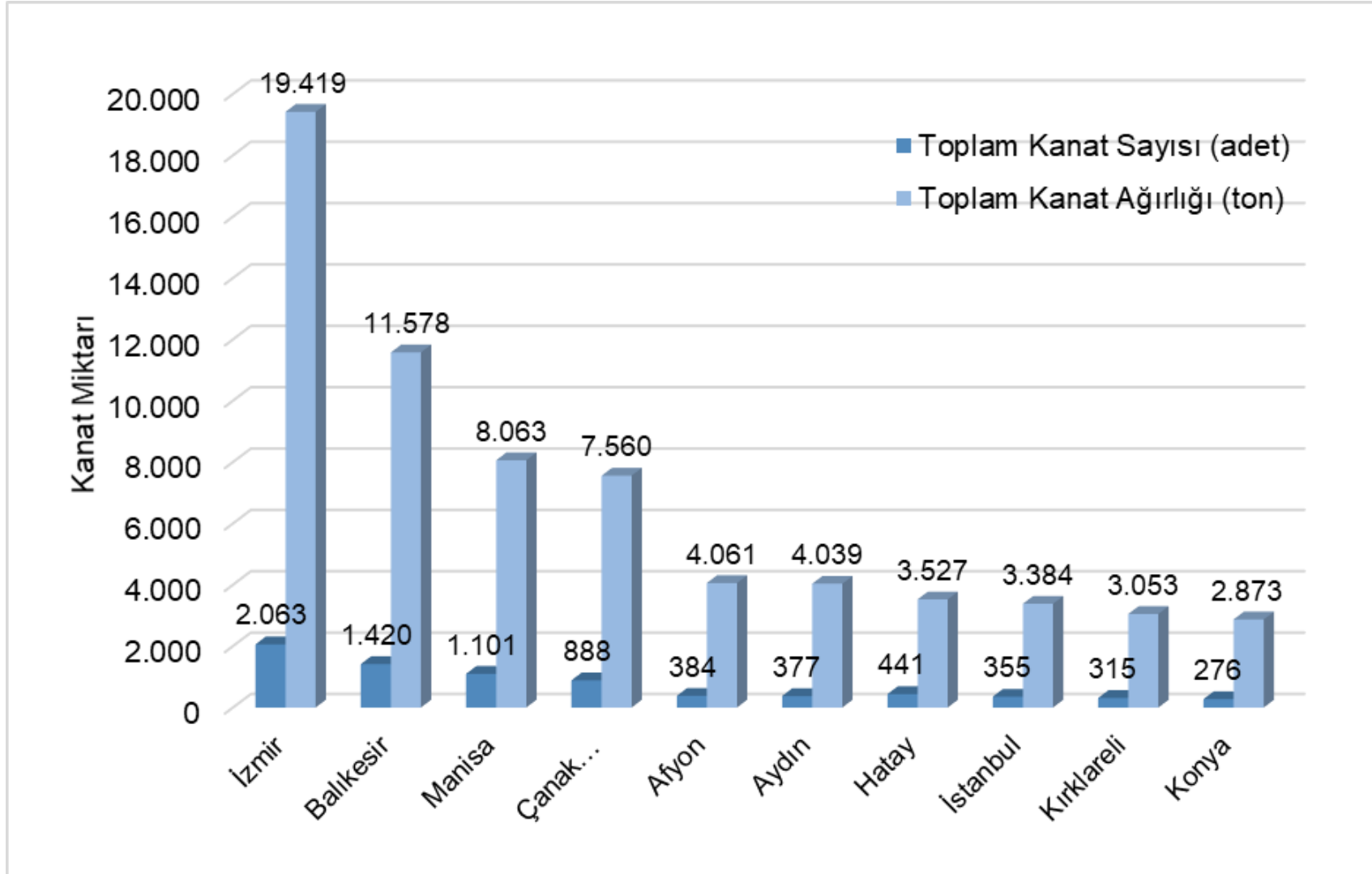
2023-2036 Yılları Arasında Türkiye’de Ömrünü Tamamlaması Beklenen Türbin Kanat Sayıları



2023 -2036 Yılları Arasında Ömrünü Tamamlayacak Türbin Kanatlarının Boyutları



2022-2036 Yılları Ömrünü Tamamlayacak Türbin Kanatlarının İllere Dağılımı



Ömrünü Tamamlayacak Türbin Kanatlarının Harita Üzerinde Dağılımı





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

Rüzgar Türbini Geri Dönüşümü Mevcut Teknikler

Rüzgar Türbini Kanadı Geri Dönüşüm Teknolojileri

Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği (WindEurope), Avrupa Kimya Endüstrisi Konseyi (Cefic) ve Avrupa Kompozit Endüstrisi Birliği'nin (EuCIA) yayınladığı “Rüzgâr Türbini Kanadı Döngüsellliği” raporuna göre, Rüzgar türbini kanatlarını geri dönüştürmek için kompozit geri dönüşüm teknikleri bulunmaktadır, ancak hiçbiri henüz endüstriyel çözümler değiller. Genel olarak çözüm üretebilen ancak yüksek fiyatlı teknolojiler:

- Gazlaştırma (TRL 5/6)
- Solvoliz (TRL 5/6)
- Yüksek Gerilim Darbe Parçalanması (TRL 6)
- Mekanik Öğütme (Cam Fiber TRL 9, Karbon Fiber TRL 6/7)
- Piroliz (TRL 9) (Mikrowave Piroliz TRL 4/5)
- Birlikte İşleme (TRL 9)

Bahsi geçen yöntemlerin elyaf kalitesine (uzunluk, mukavemet, sertlik özellikleri) çeşitli olumsuz etkileri olabildiği için, geri dönüştürülmüş elyafların kullanım alanları konusunda da daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Düzenli Depolama

Bu nedenle en yaygın müdahale biçimi düzenli depolama sahalarına taşınmasıdır.

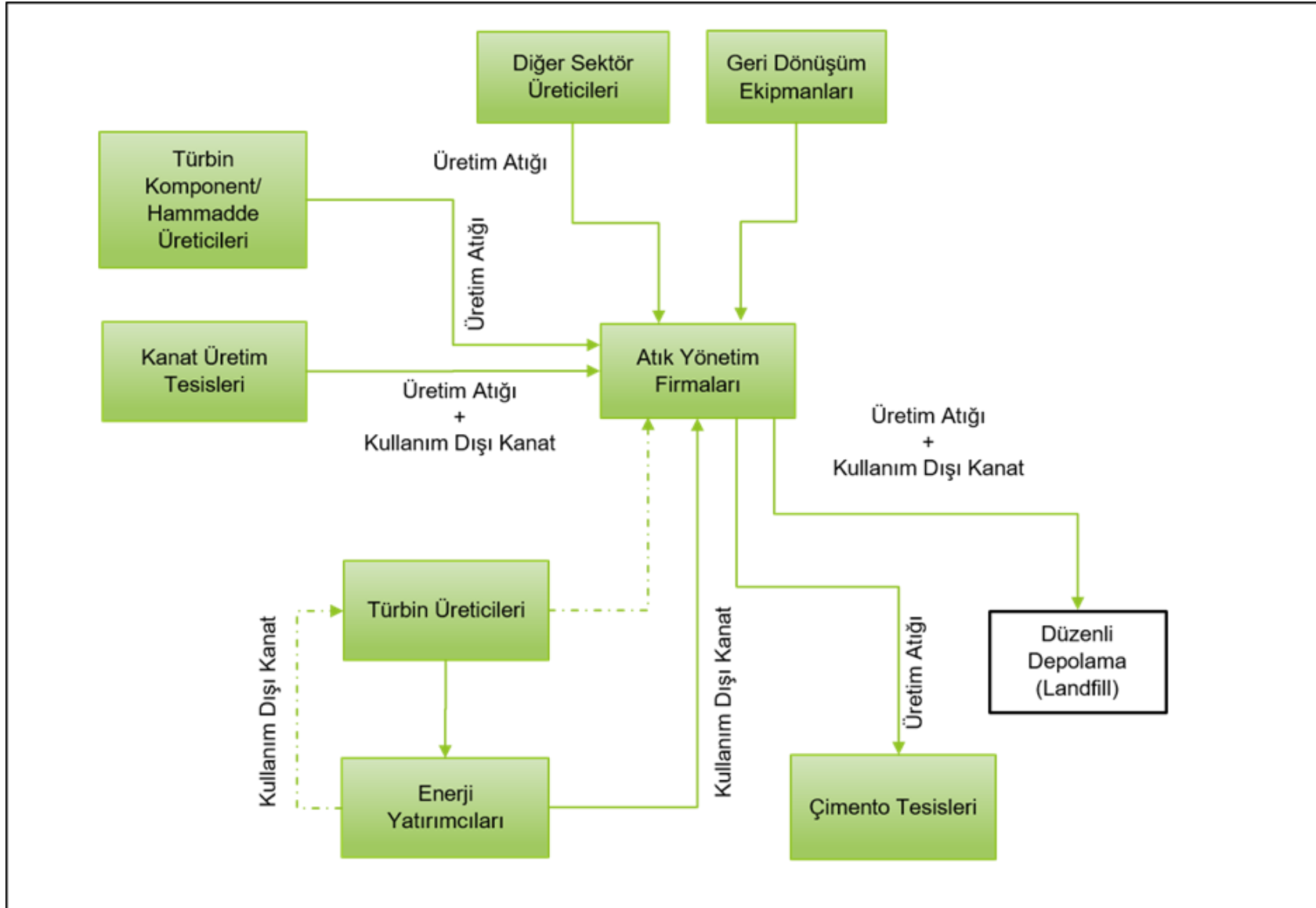


Birlikte İşleme - Çimento Endüstrisinde Kullanımı

Rüzgar türbini kanatlarının geri dönüşümü için şu anda kullanılan ana teknoloji çimento endüstrisinde yakıt kaynağı olarak kullanılmasıdır.



Rüzgâr Türbini Kanat Atıklarının Yönetimi: Mevcut Durum Süreç Akım Şeması



İyi Uygulama Örnekleri

ABD

- Veolia – Greener Cement
Kanatların %90'ından fazlasını geri dönüştürebiliyor.
Yaklaşık %65'ini çimento hammaddesi, geri kalanının yakıt olarak kullanıyor.

- Global Fiberglass Solutions (GFS) – Ecopoly Materials

Kompozit cam elyaf atıklarından elyaflar, peletler, inşaat malzemeleri, paneller vb. ürünler üretiyor.



İyi Uygulama Örnekleri

DANİMARKA

- Miljoskarm

Rüzgâr türbin kanatlarından elde ettiği cam elyaf ile gürültü bariyeri ve ısı yalıtım malzemeleri üretimi



- Refiber ApS

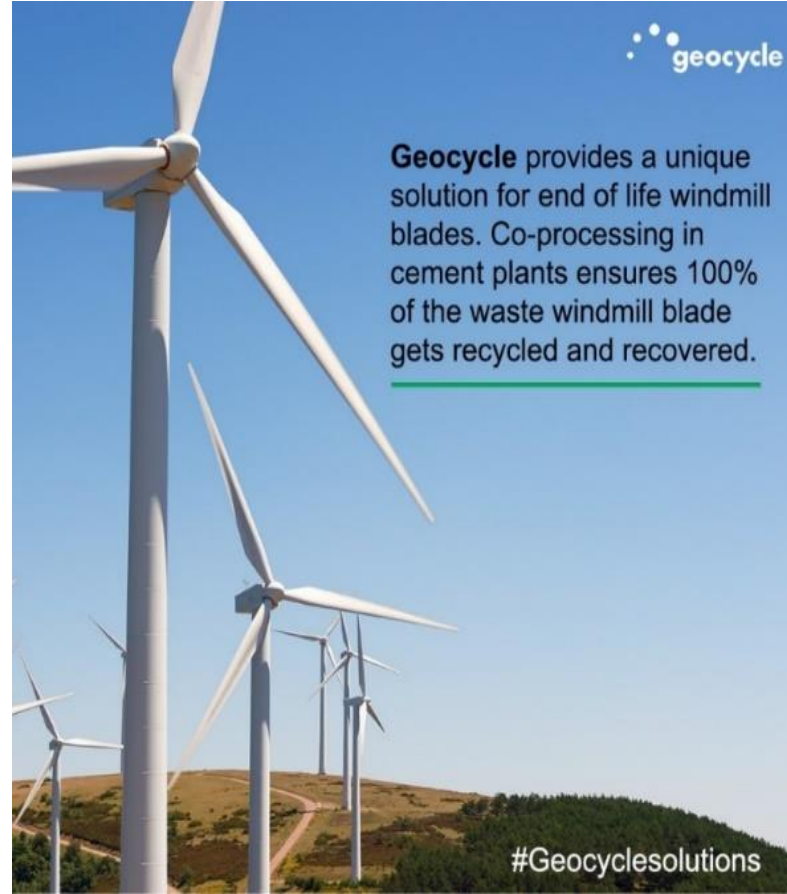
Refiber işlemi ile izolasyon malzemesi veya elyaf takviyesi üretimi



ALMANYA:

Almanya'da 2009 yılında toplam organik içeriği %5'ten daha yüksek olan atıkların doğrudan depolanması yasağı yürürlüğe girmiştir. Bu yasak kapsamında, cam elyafların tutunması için kullanılan reçine sebebiyle organik içerikli olan türbin kanatları da depolanamamaktadır.

- Neowa GmbH
çimento endüstrisinde malzeme ve termal geri dönüşümü ile GreenTec Ödülü almıştır.
- Geocycle
Çimento endüstrisine yakıt üretimi



- Neocomp
Rüzgâr türbin kanatları gibi mukavemeti yüksek malzemelere özel olarak tasarlanmış bir teknoloji ile yüksek kaliteli yakıt ve lif üretimi

İyi Uygulama Örnekleri – İleri Dönüşüm

Upcycling Uygulamaları

Türbin kanatlarının

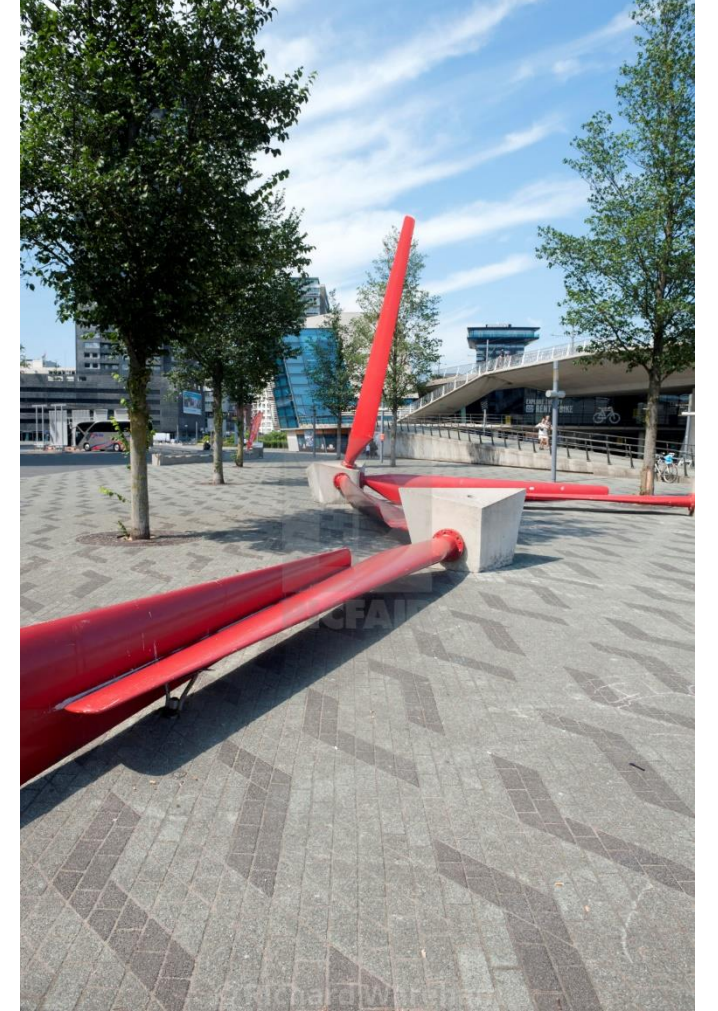
- oyun alanları
- şehir mobilyası
- bazı spesifik yapısal ürünlerinin, inşaat amaçlı kullanımı,
- (bisiklet korunağı, köprü, yürüme yolları, mimari uygulamalar vb.)

Aalborg, Danimarka'da türbin kanadından inşa edilmiş bir bisiklet korunağı



İyi Uygulama Örnekleri – İleri Dönüşüm

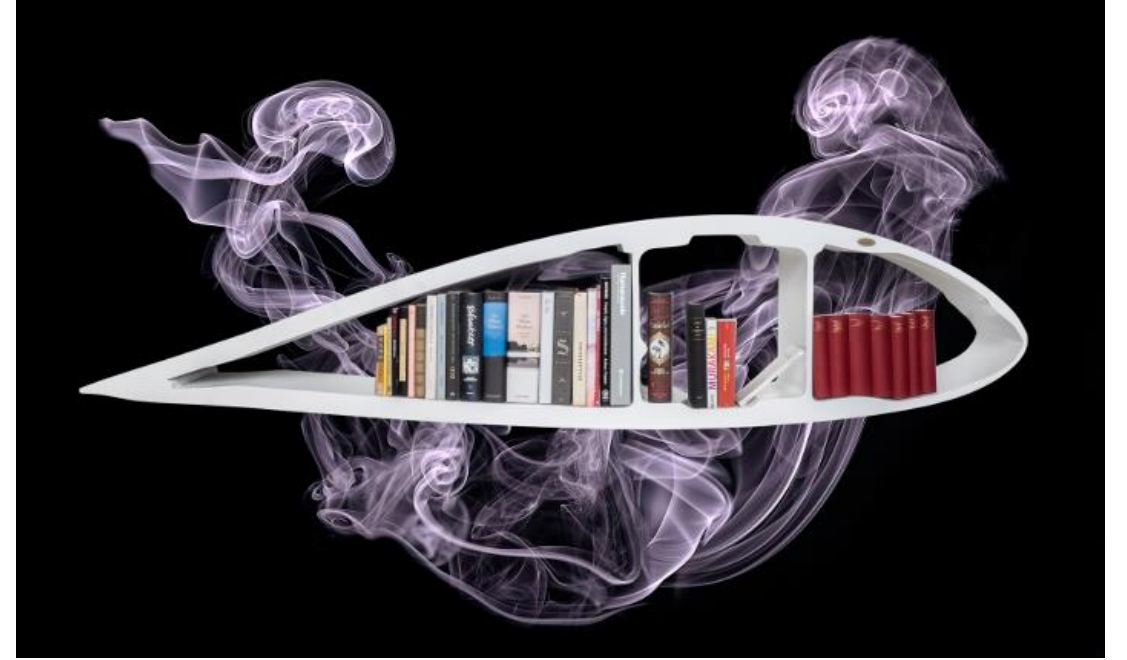
Hollanda, Terneuzen ve Rotterdam



İyi Uygulama Örnekleri – İleri Dönüşüm



Almanya





Son Gelişme: Geri Dönüştürülebilir Kanat Üretimi

Döngüsel ekonomi yaklaşımına göre aslında en iyi çözüm, ürünün geri dönüşümünün mümkün olacağı şekilde üretilmesidir.

Siemens Gamesa, EDF Renewables ile yaptıkları işbirliği ile, dünyanın ilk Dönüştürülebilir Kanadını - RecyclableBlades ürettiğini duyurdu. Danimarka, Aalborg Tesislerinde üretilen 6 kanat denizüstü rüzgar santrallerinde kullanılacak.





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

Geri Dönüşüm Yol Haritası

İZMİR RÜZGAR TÜRBİNİ GERİ DÖNÜŞÜMÜ YOL HARİTASI

- Döngüsellik yaklaşımı ile malzeme seçiminden uygun geri dönüşüm tekniğinin belirlenmesine kadar tüm değer zincirini ele alan bir strateji geliştirilmesi gerekmektedir.
- Ülkemizdeki kanatlar diğer ülkelere göre genç kanatlardır, ancak önümüzdeki 15 yılda önemli bir büyüklükte kanat atığı çıkacaktır.
 - Öncelikle bu konunun çözümü üzerine farkındalık yaratılması gerekmektedir.
 - Düzenli depolama sahalarına gönderim dışında çözümlerin hayata geçirilmesi sağlanmalıdır.
- Kompozit geri dönüşüm sektörler arası bir sorundur. Uygun maliyetli çözümler ve güçlü değer zincirleri geliştirmek için tüm kompozit kullanan veya üreten sektörlerin ve ilgili paydaşların aktif katılımı gerekmektedir.
- İstikrarlı, uzun erimli bakış açısı ile
 - Kanat geri dönüşümü teknolojileri
 - Geri dönüştürülen kanat atığının diğer sektörlerde kullanılması ve
 - Geri dönüştürülebilir malzeme üretimi üzerine çalışmalar desteklenmeli.
- Paydaşlar arası işbirliği ve diyalog güçlendirilmeli.
- Yatırım ortamı değer zincirinin geri dönüşüm halkasında da güçlenmeli.

İZMİR RÜZGAR TÜRBİNİ KANADI GERİ DÖNÜŞÜMÜ YOL HARİTASI

Bu bakış açısı ile 3 temel hedef alanı belirlenmiştir:

Rüzgar
Türbini
Kanadı Geri
Dönüşüm
Tesis
Kurulması

Yenilikçi
fikirlerin
hayata
geçirilmesi

Ar-Ge
çalışmalarının
geliştirilmesi

Rüzgar Türbini Kanadı Geri Dönüşüm Tesisi Kurulması

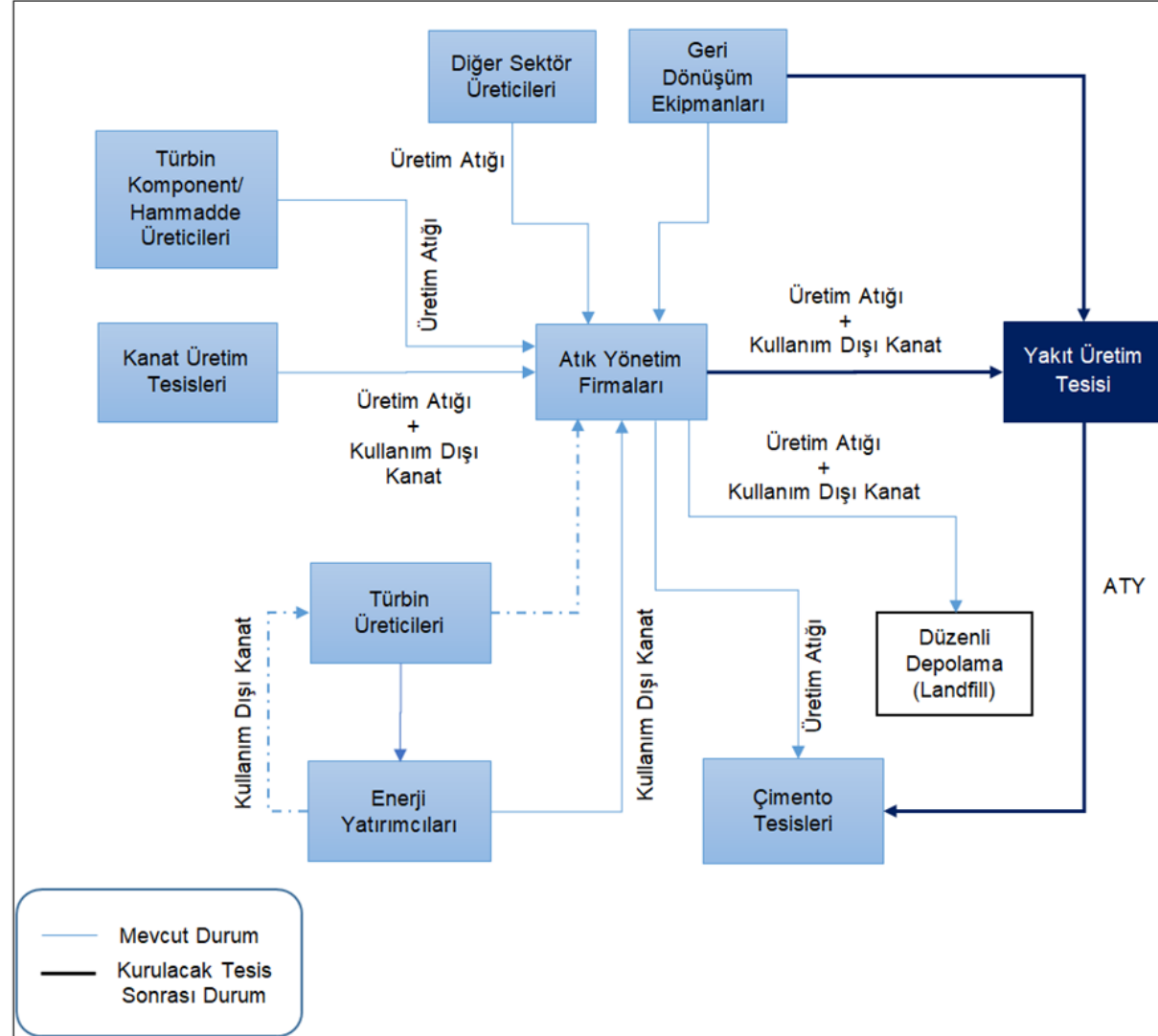
Kısa vadede:

Türbin kanatlarının yapısını oluşturan kompozit malzemelerin atıklarının temel geri dönüşüm alternatifi olarak en uygun kullanım alanının çimento ve atıktan türetilmiş yakıt tesisleri olduğu düşünülmektedir.

Türbin kanatlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önüne alındığında, bu atıkların geri dönüşümünde, en büyük ortak problem uygun kırıcıların olmaması ve bu konuda yatırımların bulunmamasıdır.

- Rüzgâr enerjisi sektörü ve diğer ilişkili sektörler arası işbirliğinin sağlanması
- Atık envanterinin hazırlanması
- Pilot deneme çalışmalarının yapılması
- Detaylı fizibilite çalışmasının yapılması
- Sektörler arası atık sürdürülebilirliğinin sağlanması
- Teşvik mekanizmalarının oluşturulması
- Mevzuat düzenleme çalışmalarının yapılması

Rüzgâr Türbini Kanat Atıklarının Yönetimi: Yakıt Üretim Tesisleri Genel Süreç Akım Şeması



Ar-Ge Çalışmalarının Geliştirilmesi

Rüzgar Türbini Kanat üretiminde malzeme teknolojileri, geri dönüşüm veya geri dönüştürülebilir kanat üretiminde ülkemizde bilgi, araştırma ve teknoloji üretimine ihtiyaç var. Bölgenin yatırım ortamını bu açıdan destekleyebilmesi için yoğun Ar-Ge çalışmalarına, uzun soluklu, çok paydaşlı, uluslararası üniversite ile sanayi işbirliği projelerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Buna yönelik kamu politikaları ve destek mekanizmaları büyük öneme sahiptir.

- Çalışma gruplarının oluşturulması
- Sektörler arası bağlantıların kurulması
- Rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik uzun soluklu Ar-Ge desteklerinin oluşturulması
- Ar-Ge projelerinin hazırlanması ve yaygınlaştırma çalışmalarının yürütülmesi
- Kanat geri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesi
 - Piroliz Yöntemi üzerine çalışmalar
 - Diğer sektörlerin kanat atığını kullanabileceği proseslerin araştırılması
- Kanat malzemeleri üzerine araştırmalar (Kompozit Mükemmelliyet Merkezi Kurulması)
 - Geri dönüştürülebilir kanat malzemesi
 - Uzun ömürlü kanat malzemesi vb
- Üretim süreçleri ve atık yönetiminde mevzuat düzenleme çalışmalarının yapılması

Piroliz Yönteminin Değerlendirilmesi

Kanat geri dönüşüm teknolojileri arasında araştırmalar piroliz teknolojisi üzerine yoğunlaşmıştır. Piroliz tesislerinde ömrünü tamamlamış lastik, plastik ve kauçuk atık başta olmak üzere pek çok karbon bazlı atıklar işlenmektedir.

Yapılan Ar-Ge çalışmalarında cam elyaf takviyeli plastikler de piroliz işlemiyle geri dönüştürülebilmektedir. Piroliz işleminden karbon siyahı, pirolitik yağ ve pirolitik gaz elde edilmektedir. Karbon fiber kompozitlerin geri dönüştürülmesi için halihazırda çalışmalar bulunmaktadır.

Piroliz yöntemi ömrünü tamamlamış rüzgâr türbini kanatlarının geri dönüştürülmesinde teknik olarak uygun bir seçenek olarak değerlendirilmesine rağmen, pahalı ve yoğun enerji ihtiyacı olan bir prosestir. Kanatların depolama sahalarına atılmasını önleyen, devlet ve özel sektörden gelen finansal teşvik ile uygulanabilir hale gelebilecek bir çözümdür.



Yenilikçi fikirlerin hayata geçirilmesi

Ömrünü tamamlamış rüzgâr türbini kanatlarının geri dönüşümü uygulamalarından bir tanesi de kanatların şehir mobilyası veya şehirde görsel tasarım unsurları olarak kullanımıdır. Kullanım dışı kanatlar yenilikçi fikirlerle tasarım unsurlarına ya da bank, aydınlatma direği, oyun parkı gibi şehir mobilyalarına dönüştürülebilir, mesleki eğitim veya bilinçlendirme faaliyetlerinde kullanılabilir; kentin marka değerine ve yaratıcı kimliğini güçlendirebilir.

- Çalışma Gruplarının oluşturulması
- Türbin ve kanat üreticilerinin gizlilik koşullarının belirlenmesi
- Malzeme analizlerinin yapılması
- Fonksiyon seçiminin yapılması
- Yapısal ihtiyaçların belirlenmesi
- Tasarım yarışması düzenlenmesi
- Ülkemizde ve İzmir’de repowering işlemi yapılacak ilk rüzgar türbini santrali olan Alaçatı RES’deki türbinlerin belirtilen kapsamda değerlendirilebilmesi için örnek çalışmalar yürütülmesi
- Üniversitelerde mimarlık bölümlerinde bitirme projeleri hazırlanması
- Kentte deneyim tasarımı temelli sanat etkinlikleri veya ideathonlar düzenlenmesi
- Kullanılmayan veya atık olarak çıkan rüzgâr türbin kanatlarının tasarım unsurlarına ya da şehir mobilyalarına dönüştürülmesi

İZMİR RÜZGAR TÜRBİNİ GERİ DÖNÜŞÜMÜ YOL HARİTASI

Uzun Soluklu, Çözüm Odaklı Katılımcı, Çok Paydaşlı Ekosistem Yaklaşımı

- Kanat Üretim Tesisleri
- Türbin Komponent/Hammadde Üreticileri
- Türbin Üreticileri
- Diğer Sektör Üreticileri (Kompozit Sektörü)
- Enerji Yatırımcıları
- Atık Yönetim Firmaları/Kurumları
- Çimento Tesisleri
- Kırıcı Ekipman Firmaları
- Ar-Ge/Tasarım Kuruluşları
- Teşvik Kurumları

Uluslararası Ağlar Rüzgar Sanayi Değer Zinciri ile İlgili Sektörlerle Sinerji

- Sivil Toplum Örgütleri
- Bakanlıklar
- Akademi
- TÜBİTAK
- Yatırım Bölgeleri
- Meslek Odaları
- Uluslararası Kuruluşlar

TEŞEKKÜRLER



İZMİR KALKINMA AJANSI