

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

YATAY EKSENLİ RÜZGAR TÜRBİNİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

BİTİRME PROJESİ

Miray AYDEMİR

Aleyna ÖZDEMİR

OCAK 2021

TRABZON

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

YATAY EKSENLİ RÜZGAR TÜRBİNİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Miray AYDEMİR
Aleyna ÖZDEMİR

Danışman: Doç. Dr. Yasin ALEMDAĞ

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

OCAK 2021
TRABZON

ÖNSÖZ

Bitirme çalışmasının hazırlanmasında bize yol gösteren ve hiçbir yardımını esirgemeyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü değerli hocamız Doç. Dr. Yasin ALEMDAĞ'a, her daim yanımızda olan ailelerimize ve bize yardımcı dokunan Ahmet KARKAÇ'A teşekkür ederiz.

Miray AYDEMİR

Aleyna ÖZDEMİR

Trabzon 2021

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY ...	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR.....	VIII
1. AMAÇ ve KAPSAM.....	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
1.3. ÇALIŞMA PRENSİBİ	7
1.4. KAPASİTE GÜCÜ	9
1.4.1. WİNGLET KULLANIMI.....	9
1.4.2. YÖNLENDİRİCİ KULLANIMI... ..	12
2. HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI	13
3. MÜHENDİSLİK HESAP ve ANALİZLERİ.....	14
3.1. RÜZGAR TÜRBİNİ ELEMANLARI.....	14
3.2. YAPILAN HESAPLAR.....	15

4. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ.....	20
4.1. RÜZGAR TÜRBİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ	20
4.1.1. ARAZİ KULLANIMI.....	21
4.1.2. GÜRÜLTÜ ETKİSİ.....	22
4.1.3. HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİSİ.....	24
4.1.4. HABİTATA ETKİSİ.....	25
4.1.5. ELEKTROMANYETİK ALAN ETKİSİ	26
4.1.6. GÖRÜNTÜ VE ESTETİK ETKİSİ.....	26
4.2. RÜZGAR GÜCÜNÜN YARALARI VE ZARARLARI.....	27
4.2.1. RÜZGAR GÜCÜNÜN YARALARI ve ARTILARI	27
4.2.2. RÜZGAR GÜCÜNÜN ZARARLARI ve EKSİLERİ.....	27
5. MALİYET HESABI.....	28
6. SONUÇLAR.....	29
7. ÖZGEÇMİŞ.....	30
8. KAYNAKÇA	31
9. EKLER.....	32

ÖZET

Bu çalışmada günümüzün popüler enerji üretim yöntemlerinden biri olan standart rüzgar türbinlerini, yönlendirici ve winglet ile revize ederek özellikle düşük rüzgar hızlarında elde edilen verimin artırılması ve elektrik enerjisine dönüşümü hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında rüzgar türbinlerine ek olarak yönlendirici kullanılacaktır. Çeşitli yönlerden esen rüzgarlardan yararlanabilmek için türbin gövdesinin, her an rüzgar doğrultusuna dikey konumda olması istenir. Wingletler yardımı ile de düşük rüzgar hızlarındaki devir sayısı artırılacak ve dolayısı ile üretilen enerji miktarında artış gözlemlenecektir.

Kanat profiline eklenecek winglet tasarımı düşük rüzgar hızlarında elde edilecek devir sayılarını oldukça artırmakla kalmayıp kanat profiline yarattığı türbülansı azaltacaktır ve daha stabil bir şekilde çalışmasına yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kanat, Yönlendirici, Winglet, Rüzgar, Enerji, Verim

SUMMARY

In this study, standard wind turbines, one of today's popular power generation methods by revising the router and winglet, it is aimed to increase the efficiency achieved especially at low wind speeds and to convert it to electrical energy. As part of the study, a router will be used in addition to wind turbines. In order to take advantage of the winds blowing from various directions, the turbine body is requested to be in a vertical position in the wind direction at any time. With the help of winglets, the number of revolutions at low wind speeds will be increased, and therefore an increase in the amount of energy produced will be observed.

The winglet design, which will be added to the airfoil, will not only significantly increase the number of revs achieved at low wind speeds, but will reduce the turbulence created by the airfoil and help it operate more stably.

Key Words: Wing, Router, Winglet, Wind, Energy, Efficiency

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO:

Şekil - 1. Rüzgar enerji türbini şeması... ..	(2)
Şekli – 2. Rüzgar türbin tipleri ve kullanım yerleri	(3)
Şekil – 3. Rüzgar enerjisi dönüşümü	(7)
Şekil – 4. Rüzgar enerjisinin dönüşüm aşamaları.....	(8)
Şekil – 5. Hızlı rüzgar türbinlerinin gelişim süreci.....	(8)
Şekil – 6. Rüzgar türbininde winglet kullanımı.....	(9)
Şekil – 7. Farklı açılardaki winglet görünüşleri.....	(11)
Şekil – 8. Yönlendirici (Router)	(12)
Şekil – 9. Rüzgar türbini elemanları	(14)
Şekil – 10. Çeşitli hücum açıları için dikey eksenli rüzgar türbinine etkiyen kuvvet ve hızlar	(17)
Şekil – 11. Türkiye Rüzgar Atlası	(20)
Şekil – 12. Türbinine belli uzaklıkta gürültü seviyesi olan yerleşim gösterimi... ..	(23)
Şekil – 13. Bazı seslerin desibel değerleri (dB).....	(23)
Şekil – 14. Winglet Kanat.....	(33)
Şekil – 15. Mil.....	(33)
Şekil – 16. Rulman.....	(33)
Şekil – 17. Yönlendirici.....	(33)
Şekil – 18. Dişli Kutusu ve Motor.....	(34)
Şekil – 19. Rüzgar Türbini.....	(34)

TABLolar DİZİNİ

SAYFA NO:

Tablo – 1. Rüzgardan elde edilebilecek enerji ile güç eğrileri	(9)
Tablo – 2. Rüzgar hızı – Devir sayısı – Winglet açısı	(10)
Tablo – 3. TSR – Cp – Winglet açısı	(10)
Tablo – 4. Haftalık Çalışma Programı	(13)
Tablo – 5. Rüzgâr ve hidroelektrik santrallerinin kurulu güç ve enerji üretimine göre arazi kullanım oranları	(21)
Tablo – 6. Rüzgâr türbininden belli uzaklığa göre hissedilen gürültü seviyeleri..	(23)
Tablo – 7. Elektrik enerjisi üretiminde küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına neden olan NO _x , SO ₂ , CO ₂ , emisyonları	(24)
Tablo – 8. 1 kWh'lik elektrik enerjinin rüzgâr enerjisi üretimi sonucunda salınımı önlenen emisyonların miktarı	(24)
Tablo – 9. Yıllık tahmini kuş ölümleri ve nedenleri	(25)
Tablo – 10. Maliyet hesabı	(26)

SEMBOLLER ve KISALTMALAR

AR	En boy oranı
A	Rotor süpürme alanı
H	Rotor yüksekliği
R	Rotor yarıçapı
V	Rüzgar hızı
P_w	Rüzgar gücü
C_p	Güç katsayısı
ρ	Havanın yoğunluğu
P	Türbin gücü
λ	Uç hız oranı
ω	Açısal hız
n	Devir sayısı
σ	Katılık
c	Kanat uzunluğu
N	Kanat sayısı
θ	Dönme açısı
W	Bileşke hız
α	Hücum açısı
C_L	Kaldırma katsayısı
F_L	Kaldırma kuvveti
C_D	Direnç katsayısı
F_D	Direnç kuvveti

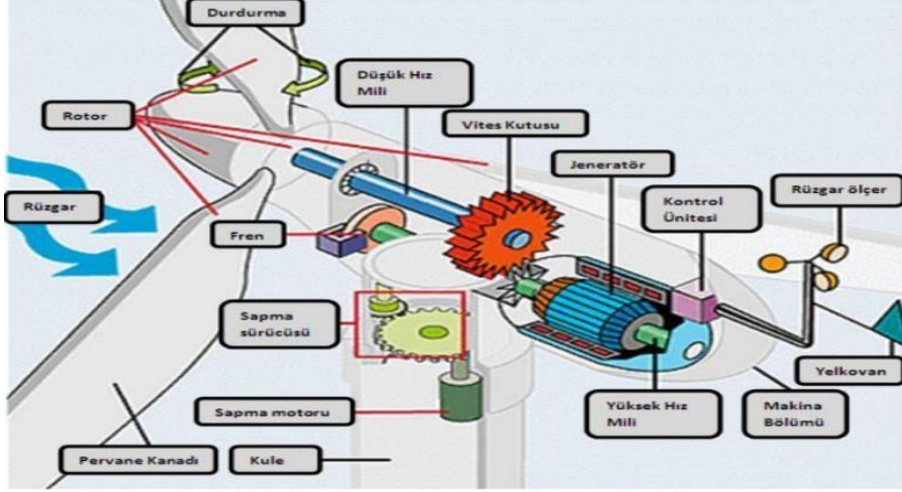
C_N	Normal kuvvet sayısı
C_T	Teğetsel kuvvet katsayısı
F_N	Normal yöndeki kuvvet
F_T	Teğetsel yöndeki kuvvet

9.1. AMAÇ VE KAPSAM

9.1.1. GİRİŞ

Günümüzde insanoğlunun enerjiye olan bağımlılığı yadsınamaz seviyededir. Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık olarak %4-5 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyacı karşılayan fosil yakıt rezervi ise daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. Ayrıca fosil yakıt rezervlerinin çevreye olan olumsuz etkileri başta gelişmiş ülkeler olmak üzere birçok ülkeyi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlar gibi tükenme riski yoktur ve güneş ve rüzgar enerjileri, güneş var oldukça kullanılabilir olacaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan rüzgâr enerjisi doğal ve temiz bir enerji kaynağı olup son yıllarda kullanımını giderek artmaktadır.

Dünya çapında 50'den fazla ülkede kullanılmakta olup son 15 yılda yıllık ortalama %25 büyüme hızı göstermiştir. Rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürüp transmisyon elemanlarıyla jeneratöre ileten ve elektrik enerjisi elde edilmesini sağlayan sistemlerdir. Rüzgar türbinleri dönme eksenine göre; yatay ve düşey eksenli rüzgar türbinleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. Enerji üretimi amacıyla günümüzde modern yatay eksenli rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri; tek, çift ya da üç kanatlı olarak tasarlanabilmektedir. Tek ve çift kanatlı rüzgar türbinlerinde aerodinamik açıdan büyük dengesizlikler söz konusudur. Bu nedenle, dinamik olarak simetrik olması, her eksene göre aynı kütleli atalet momentine sahip olması ve fazla gürültülü çalışmamasından dolayı enerji üretiminde üç kanatlı yatay eksenli rüzgar türbinleri tercih edilmektedir. Tipik bir yatay eksenli rüzgâr türbini ve elemanları şekil – 1'de verilmiştir.



Şekil - 1: Rüzgar Türbini Şeması


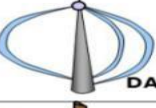
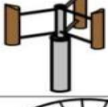

Bu projeye motive eden sebep düşük rüzgar hızlarında elde edilen verimi artırıp, şehir içi bölgelerde rüzgar türbini kullanımını sağlayabilecek olmasıdır. Bu sayede her bina çatısında rüzgar türbinleri verimli bir şekilde kullanılabilir ve bu sayede evlerin enerji ihtiyaçlarının bir kısmı karşılanabilecektir.

Ülkemizde çokça yatırımı olan rüzgar elektrik santrallerinin hiçbir yerli firma tarafından üretilmemesi ve global sorunlar bizleri bu konuda çalışmaya teşvik etmiştir.

Projenin içerdiği yenilik kanatta revize edilen winglet (kanat ucu) tasarımıdır. Bu tasarımın rüzgar türbini tasarımına çeşitli faydaları bulunmaktadır. Rüzgar türbinlerinde winglet kullanımı düşük rüzgar hızlarında devir sayısını oldukça artırmaktadır. Bu özellik, projemizin şehir içinde kullanılacağı düşünüldüğünde verimi oldukça artıracak bir avantaj sağlamaktadır.

İkinci bir yeniliğimiz ise; yapacağımız rüzgar türbini tasarımımıza yönlendirici eklemek olacaktır. Yönlendirici çeşitli yönlerden esen rüzgarlardan yararlanabilmek için türbin gövdesinin, her an rüzgar doğrultusuna dikey konumda olmasını sağlayacaktır.

Elektrik enerjisi üretimi, bahçe ve park gibi yerlerin aydınlatılmasında, yollarda bulunan sinyalizasyon levhalarında, sulama sistemlerinde, karavanlarda elektrik üretmek için kullanılabilir.

Rotor Tipleri	λ Uç hız oranı	C_p Güç katsayısı	RPM Devir Sayısı	Tork	Kullanım Yeri
 PERVANE TİPİ	6 10	0,42	Yüksek	Alçak	Elektrik Üretimi
 DARRIEUS TİPİ	5 6	0,40	Yüksek	Alçak	Elektrik Üretimi
 CYCLOGIRO TİPİ	3 4	0,45	Orta	Orta	Elektrik Üretimi veya Su pompalama
 ÇOK KANATLI TİPİ	3 4	0,35	Orta	Orta	Elektrik Üretimi veya Su pompalama

Şekli – 2: Rüzgar türbin tipleri ve kullanım yerleri

Dünyadaki bir çok saha uygulamasında türbinlerin kapasite faktörü %25 civarındadır. Ülkemizde ise rüzgar şiddetinin yüksek olmasından dolayı ortalama bu oran %30'a yaklaşmaktadır.

Bu proje kapsamında rüzgar türbinine ek olarak yönlendirici ve winglet eklenecektir. Yönlendirici kullanımı ile çeşitli yönlerden esen rüzgarı, türbin gövdesinin dönebilmesi ile rüzgarı dikey konumda kullanarak her an enerji üretimi yapabilecek hale gelecektir. İkinci bir koşul ise; winglet kanat ucu yardımı ile düşük rüzgar hızlarındaki devir sayısı artırılabilir, kanat profilinin yarattığı türbülans azaltılabilir, kanat uç açısı olarak en iyi verimi $30^\circ - 45^\circ$ olarak belirlenmiş olup kanat uçlarında 45° kullanılacaktır ayrıca kanat sayısı verim olarak ideal olan 3 kanat kullanılarak üretilen enerji miktarı arttırılacaktır. Kanat yapımında ise düşük yoğunluklu, hafif malzeme olarak Alüminyum kullanılacaktır. Bu çalışmada 9 m/s rüzgar hızında 85 W değerinde güç üretebilecek yatay eksenli 3 kanattan oluşan rotorun çapı 40 cm ve rotor yüksekliği 80 cm alınmış rüzgar türbini tasarlamayı amaçlıyoruz.

Bu koşullar sayesinde yüksek enerji verimi, rüzgar türbin tasarımı ve sonrasında ise imalatı hedeflenmektedir.

9.1.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Rüzgar enerjisi; M.Ö. 3000 yıllarında Mısır'da toprak sulamada, M.Ö. 250 yıllarında İran'da tahıl öğütmede kullanılmış ve tüm İslam ülkelerine yayılmıştır. Rüzgar çarkları, 11. Yüzyılda Ortadoğu'da çok yaygın bir şekilde kullanılmış, ilk defa 13. Yüzyılda Haçlı seferleri ile Anadolu'dan Avrupa'ya götürülmüştür. 17. Yüzyılda Hollanda'da gemi ve yel değirmenlerinde kullanılmış ve ülkenin gelişmiş endüstriyel bir ülke haline gelmesinde katkı sağlamıştır.

Blackwell vd. (1977) yaptıkları çalışmalarında; Savonius rüzgar çarkının aerodinamik performansına karar vermek için, rüzgar tüneline çeşitli parametrelerde on beş farklı tasarım deneyerek, dönme hızlarını ve moment değerlerini ölçmüşlerdir.

Fernando ve Modi (1989) yaptıkları çalışmada; Savonius rüzgar türbininin performansını belirlemek için ayrılmış vorteks yöntemine dayanan bir matematik modeli ayrıntıları ile açıklamışlardır. Hem duran hem de dönen Savonius rüzgar çarkı durumları için, ayrılmış vorteks modeli kullanarak elde edilen sonuçları tartışmışlardır.

Reupke ve Probert (1991) yaptıkları çalışmada; Savonius rüzgar çarkının çalışma etkinliğini arttırmak için türbin kanatlarının kavisli kısımlarının yerine bir sıra menteşelenmiş kanatçıklar yerleştirmişlerdir. Böylece kanatçıklar rüzgara doğru ilerlediğinde rüzgar basıncının etkisinde, otomatik olarak açılarak daha az akış direncinin elde edildiğini ve rüzgardan geriye geldiğinde yani kanatların güç kaybı esnasında tekrar otomatik olarak kapandığını tespit ederek, düzeltilmiş parçalı rotorlardan çok düşük uç hız oranlarında, klasik Savonius rüzgar çarklarından daha yüksek momentler elde edildiğini belirlemişlerdir.

Fujisawa ve Gotoh (1992), Savonius rüzgar çarkının güç mekanizmasını; kanat üzerinde basınç ölçmeleri ile ve bir akış inceleme deneyi ile irdelemişler. Düşük basınç bölgesinin; dönen bir rotorun güç üretmeye katkıda bulunan ilerleyen kanadının dış bükey tarafı üzerinde oluştuğunu göstermişlerdir.

Fujisawa ve Gotoh (1994) bir Savonius rüzgar çarkının aerodinamik performansını; çeşitli çark açılarında ve uç hız oranlarında, kanat yüzeylerindeki basınç dağılımlarını ölçerek incelemişlerdir. Dönen çark üzerindeki basınç dağılımlarının duran kanatlara göre fark edilecek bir şekilde değiştiğini görmüşler ve hareketli kanatların konveks tarafında özellikle kanadın hareket eden cidarı tarafında alçak basıncın oluştuğu yerde bu olayın meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Deda (2000); rüzgar enerjisinin önemini, dünyada ve Türkiye'deki potansiyelini, rüzgar çarklarının tiplerini, Savonius rüzgar çarklarının özelliklerini, üstünlüklerini, güç hesaplamalarını araştırarak, Savonius tipi rüzgar çarklarının düşük olan aerodinamik performanslarını arttırmak için uygulanan perdenin performansa etkisini matematiksel olarak incelemiştir.

Kawamura vd. (2001) yaptıkları çalışmalarında; alan ayrışma yöntemini kullanarak Savonius rüzgar çarkı etrafındaki akış alanını hesaplamışlar; moment katsayısı ve güç katsayısı gibi değerleri çeşitli uç hız oranları için yaptıkları deneylerle elde etmişlerdir.

Avşar vd. (2001) çalışmalarında, Savonius rüzgar çarkının Türkiye'deki uygulama örnekleri üzerine araştırma yapmışlardır. Afyon yöresinin rüzgar potansiyelini inceleyip, rüzgar potansiyeline göre Savonius rüzgar türbini tasarlayarak, imalatını yapmışlardır. Tasarladıkları türbinin, Afyon yöresinin rüzgar alan yüksek kesimlerinde ve etrafı açık olan ovalarda sorunsuz çalıştığını ve aküyü şarj ettiğini tespit etmişlerdir.

Percival vd. (2004) çalışmalarında; ev için elektrik üretiminde kullanılmak üzere Savonius rüzgar türbini yapmışlardır. Tasarlanan Savonius rüzgar türbininin yapım aşamasını anlatarak, türbinin inşa edileceği yeri seçmiş.

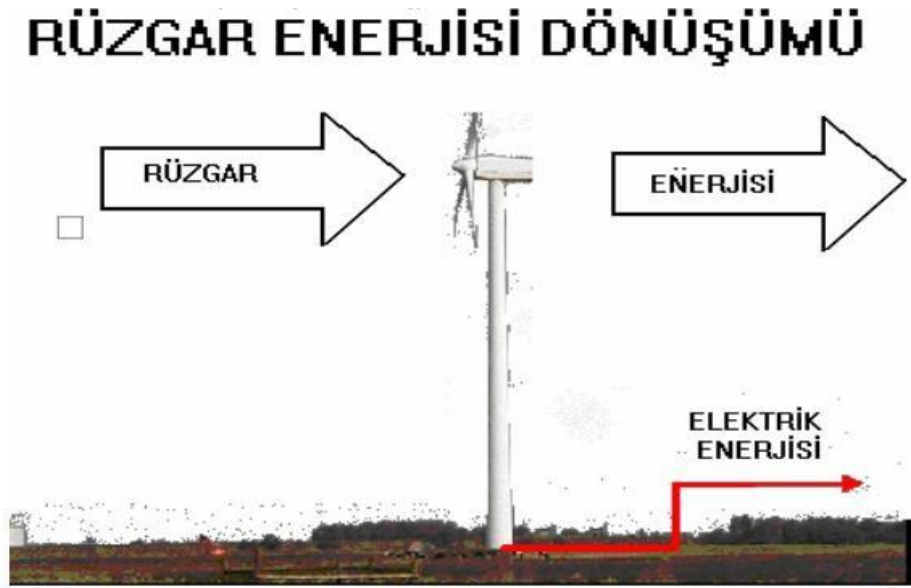
Menet (2004) çalışmasında, sınırlı elektrik üretimi için küçük bir Savonius rüzgar çarkı prototipi dizaynı yaparak test etmiş ve geliştirmeye çalışmıştır. Yaptığı bu çarkın 0,29 güç katsayısı ile yüksek verimli çalışma gösterdiğini belirlemiştir. Saha ve Rajkumar (2005), düşük güçlü rüzgar tüneline; kavislendirilmiş kanatlı Savonius rüzgar çarkını test ederek, geleneksel kanatlı Savonius rüzgar çarkı ile performanslarını karşılaştırmışlardır. Yapılan deneylerden kavislendirilmiş kanatlı çarkların geleneksel kanatlı çarklara göre güç katsayısının 0,14 civarında ve kendi kendine harekete başlama kabiliyetinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır [3].

Türkiye’de genel kullanıma dönük ilk rüzgar elektriği, 1986 yılında Çeşme Altinyunus Tesisleri’nde kurulan Vestas marka 55 kW nominal güçlü rüzgar türbininden elde edilmiştir. Bu türbinin göbek yüksekliği 24,5 m ve pervane çapı 14 m’dir. 55 kW’lık nominal güce 12 m/s’lik rüzgar hızında erişen bu türbinden, Çeşme şartlarında yılda ortalama 100.000 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bu miktar, tesis elektrik enerjisi ihtiyacının %4’ünü oluşturmaktadır.

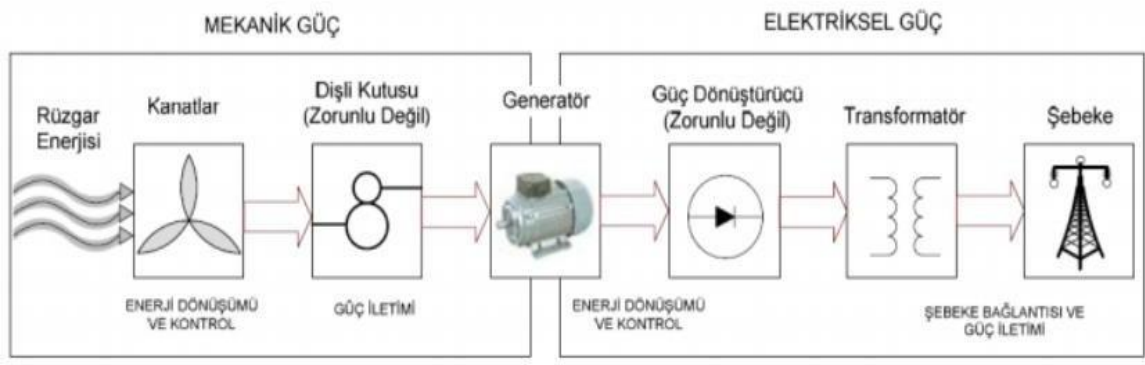
9.1.3. ÇALIŞMA PRENSİBİ

Rüzgar Türbinleri genel itibarı ile pervaneler, kule, jeneratör, dinamo ve elektrik-elektronik elemanlarından oluşmaktadır. Kule elemanı düşey eksenli türbinlerde bulunmayabilir. 3 kanatlıdır. Çünkü daha fazla kanat sayısı dönüş hızını arttırmaz aksine düşürür. 3'ten fazla kanat olduğu zaman her bir kanat kendinden sonraki kanadın rüzgar alımını düşüreceği için dönüş hızı düşecektir ve bu nedenle en ideal kanat sayısı 3'tür.

Rüzgarda bulunan hareket (kinetik) enerjisi pervaneler vasıtasıyla makinelerin dönen birimlerinde (rotorda) mekanik enerjiye çevrilir. Burada rüzgarda bulunan hareket (kinetik) enerjisi pervaneler vasıtasıyla döner ve dinamoya aktarılır ve mekanik enerji elektrik enerjisine çevrilir.

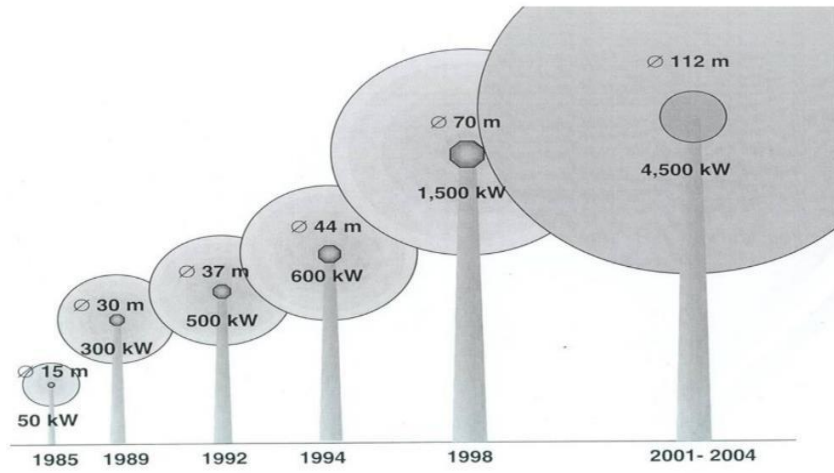


Şekil – 3: Rüzgar Enerjisi Dönüşümü



Şekil – 4: Rüzgar Enerjisinin Dönüşüm Aşamaları

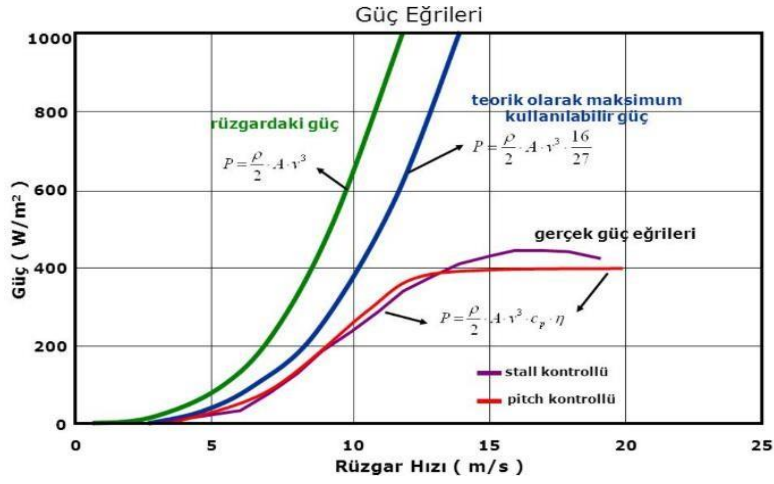
Bir rüzgâr enerji dönüşüm sisteminin temel safhaları Şekil – 4’te gösterilmiştir.



Şekil – 5: Hızlı rüzgar türbinlerinin gelişim süreci

9.1.4. KAPASİTE GÜCÜ:

Tablo - 1: Rüzgardan elde edilebilecek enerji ile güç eğrileri

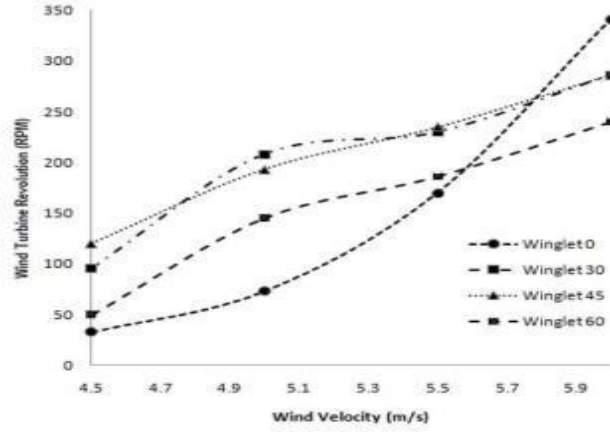


- WİNGLET KULLANIMI:



Şekil – 6: Rüzgar Türbininde Winglet Kullanımı

Tablo - 2: Rüzgar hızı – Devir sayısı – Winglet açısı



Tablo - 3: TSR – C_p – Winglet açısı

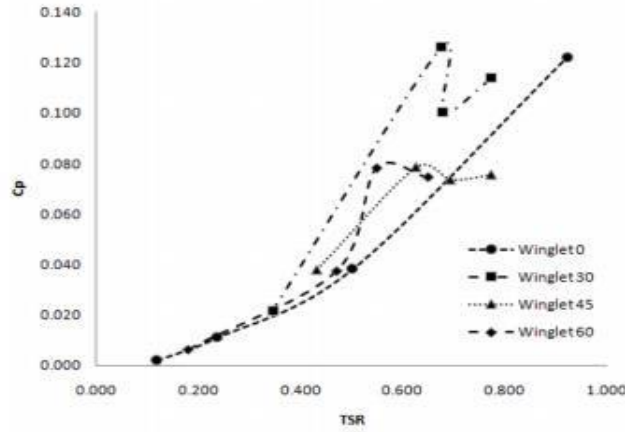


Fig. 8. Tip pressure ratio versus power coefficient

Grafiklerde de görülebileceği üzere wingletsiz bir kanat tasarımında 4.5 m/s rüzgar hızında devir sayısı en düşük olmakla beraber rüzgar hızı 6m/s üzerine çıktığında wingletsiz 5 tasarım daha avantajlı olmaya başlamaktadır.

Özellikle 45° ve 30° dereceli winglet kullanımları düşük rüzgar hızlarında devir sayısını artırmaktadır. Tablo-2’de gösterilen grafikte görüleceği üzere kanat uç hız oranı (TSR) 0.4 olduğu anda 30° derece açılı winglet avantajını göstermeye başlamaktadır. 30 derecelik açı 0.65 TSR’da 0.125 C_p ile en yüksek verime ulaşır.

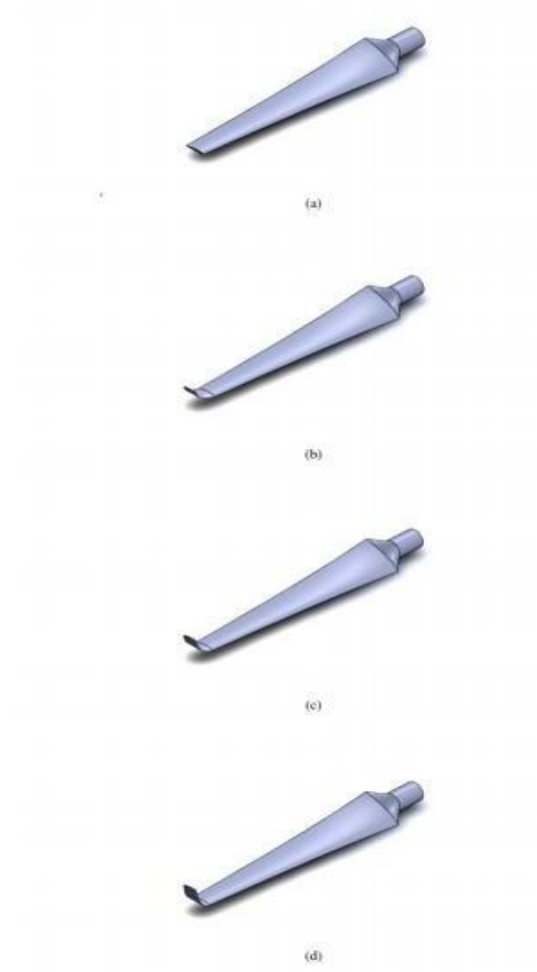
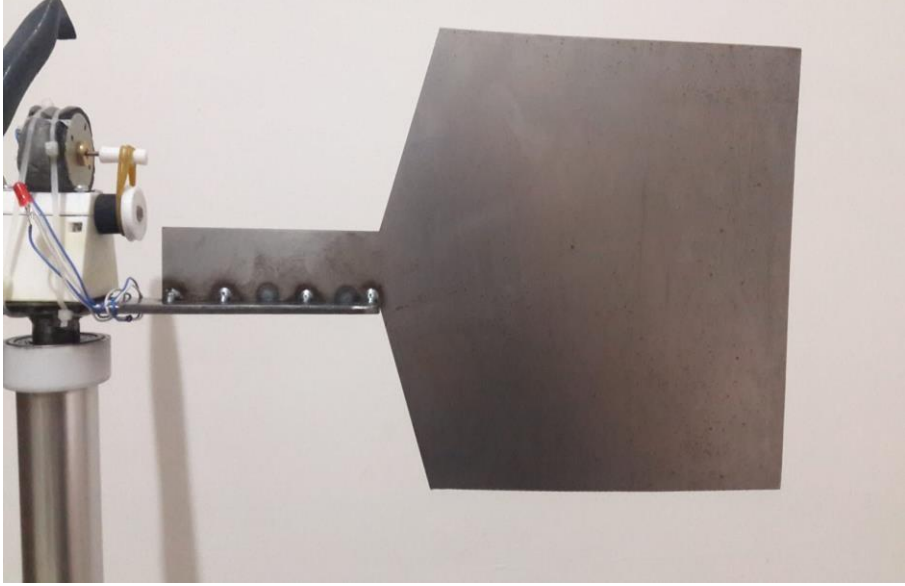


Fig. 2. (a) Blade without winglet (b) Blade with winglet 30° (c) Blade with winglet 45° (d) Blade with winglet 60°

Şekil – 7: Farklı açılardaki winglet görünüşleri

Rüzgar türbinlerinde winglet kullanımı düşük rüzgar hızlarında devir sayısını oldukça artırmaktadır. Özellikle 45 ve 30 dereceli winglet kullanımları düşük rüzgar hızlarında devir sayısını artırmaktadır.

- **YÖNLENDİRİCİ KULLANIMI:**



Şekil – 8: Yönlendirici (Router)

Çeşitli yönlerden esen rüzgarlardan yararlanabilmek için türbin gövdesinin, her an rüzgar doğrultusuna dikey konumda olması istenir.

Bu yöneltme, ya çark düzlemine dikey olan büyük düzeyli bir dümenle veya yardımcı bir çarkla otomatik olarak sağlanabilmektedir.

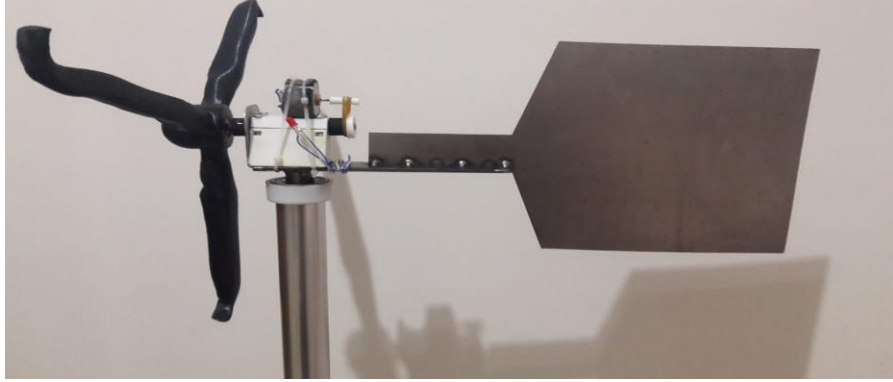
9.2. HAFTALIK ÇALIŞMA PROGRAMI

Tablo – 4: Haftalık Çalışma Programı

Yapılan Çalışma/Hafta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ön Çalışmalar	X	X	X											
Literatür Taraması			X	X										
Mühendislik Hesap ve Analizleri					X	X	X							
Çevresel Etki Değerlendirmesi							X	X	X					
Maaliyet Hesabı											X	X	X	
Sonuçlar												X	X	
Kaynaklar													X	X
Teknik Çizim									X	X	X			
Prototip Üretim												X	X	

9.3. MÜHENDİSLİK HESAP VE ANALİZLERİ

3.1. BİR RÜZGAR TÜRBİNİNİN İÇİNDE NELER VARDIR ?



Şekil – 9: Rüzgar Türbini Elemanları

- 1 - Kanatlar : Rüzgarın enerjisini depolar.
- 2 - Göbek : Kanatlarını açısını kontrol eder.
- 3 – Kule : Kanatları yerden belli bir yükseklikte tutar ve rotorla motor yuvası kulenin üzerine oturtulur.
- 4 – Gövde : Rüzgar türbinlerinde kullanılan rotor, dişli kutusu, jeneratör, bağlantı elemanları, elektriksel kontrol elemanları ve bağlantı elemanlarını üzerinde taşıyan yapıdır.
- 5 – Dinamo : Hareket enerjisini içindeki mıknatıs ve bobin sayesinde elektrik enerjisine dönüştüren bir araçtır.
- 6 – Led : Yarı iletkenleri kullanarak elektrik enerjisini ışığa çeviren teknoloji; Katı Hal Aydınlatma (Solid State Lighting) olarak isimlendirilmektedir.
- 7 – Dişli Kutusu : İçlerinde çok sayıda dişli olan, mekanik sistemlerde hızı ve torku değiştirmek için kullanılan sistemlerdir.

3.2. YAPILAN HESAPLAMALAR

Kanat profilinde 60° winglet, $V=9\text{m/s}$, $R=20\text{ cm}$ ve $H=80\text{ cm}$ alındığı varsayılarak hesaplamalar yapıldı.

En boy oranı AR ve rotor süpürme alanı A şu şekilde hesaplanır;

$$\text{En Boy Oranı } AR = H/2R \quad (1)$$

$$H = 80\text{ cm}$$

$$R = 20\text{ cm}$$

$$AR = 0,8 / (2 \cdot (0,2)) = 2$$

$$A = 2RH \text{ [m}^2\text{]} \quad (2)$$

$$A = 2 \cdot (0,2) \cdot (0,8) = 0,32\text{ m}^2$$

Rüzgar gücü eşitlik (3)'ten hesaplanır.

$$P_w = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (3)$$

$$\rho = 1,225 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$V = 9 \text{ [m/s]}$$

$$P_w = 0,5 \cdot (1,225) \cdot (0,32) \cdot 9^3$$

$P_w = 142,88\text{ W}$ olarak hesaplanır.

Güç katsayısı $C_p=0,5926$ (Betz Teoremine göre) seçilerek türbinden elde edilebilecek güç eşitlik (4)'ten hesaplanır.

$$P=P_w.C_p \quad (4)$$

$$P=0,5926(142,88)$$

$$P=84,67 \text{ Watt} \approx 85 \text{ Watt}$$

Bir yıllık üretilen enerji miktarı (kWh)

$$\text{Üretilen Enerji} = P.t \quad (5)$$

$$P= 84,67 \text{ Watt}$$

$$t= (24\text{saat}).(365\text{gün})=8760 \text{ saat}$$

$$\text{Üretilen Enerji}=(84,67).(8760)$$

$$\text{Üretilen Enerji}= 741,709.2 \text{ kWh}$$

• $\lambda=6-8$ Üç kanatlı rotor bu şekilde tanımlanmıştır.

Kanat uç hız oranı; $\lambda = 6$ seçilerek türbinin devir sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\lambda = (\omega . R) / V \quad (6)$$

$$6= (\omega . 0,2) / 9$$

$$\omega = 270 \text{ [rad/s]}$$

$$\omega = (\pi . n) / 30$$

$$n = 2578,31 \text{ [dev/dak]}$$

Winglet tablosundan; 60° wingletin n [*dev/dak*]'nın 2,8 kat arttırdığı görülmektedir. Buna göre yeni değerimiz;

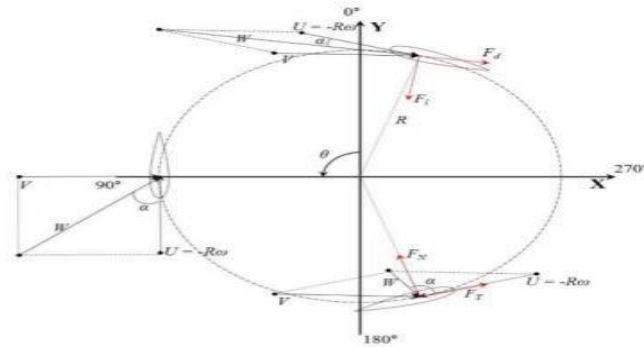
$$2578,31 \cdot 2,8 = 7219,268 \text{ [dev/dak]} \quad (7)$$

Katılık $\sigma = 3,56$ seçilerek eşitlik (8)'den kanat uzunluğu c elde edilmiştir.

$$\sigma = \frac{Nc}{R} \quad (8)$$

$$c = \frac{R\sigma}{N} = \frac{0,2 \cdot (3,56)}{3} = 0,237$$

Türbinin dönme açısı θ ' ya bağlı olarak kanata etki eden bileşke hız W , rüzgar hızı V ve çevresel hız ωR 'den oluşmaktadır. Şekil- 10'da değişik dönme açılarında kanata etki eden hızlar, kuvvetler ve hücum açıları gösterilmiştir.



Şekil - 10: Çeşitli hücum açıları için dikey eksenli rüzgar türbinine etkiyen kuvvet ve hızlar

Uç hız oranı kullanılarak bileşke hız için eşitlik (9) kullanılabilir.

$$W = V \sqrt{1 + 2\lambda \cos\theta + \lambda^2} \quad (9)$$

Hücum açısı eşitlik (10)'dan hesaplanır.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\sin\theta}{\cos\theta + \lambda} \right) \quad (10)$$

Kaldırma katsayısı eşitlik (11)'dan hesaplanır.

$$C_L = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho CHW^2} \quad (11)$$

Ve direnç katsayısı ise eşitlik (12) ile tanımlanır

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho CHW^2} \quad (12)$$

Bu katsayılarla bağı olarak normal kuvvet katsayısı, C_N ;

$$C_N = C_L \cos\alpha + C_D \sin\alpha \quad (13)$$

Teğetsel kuvvet katsayısı, C_T ;

$$C_T = C_L \sin\alpha - C_D \cos\alpha \quad \text{olarak hesaplanır.} \quad (14)$$

Normal yöndeki kuvvet eşitlik (15)'ten elde edilir.

$$F_{N(\theta)} = \frac{1}{2}\rho CHW^2 C_N \quad (15)$$

Teğetsel yöndeki kuvvet eşitlik (16)'ten hesaplanır.

$$F_{T(\theta)} = \frac{1}{2}\rho CHW^2 C_T \quad (16)$$

Kanatın oluşturduğu moment sadece teğetsel kuvvetten meydana gelir ve eşitlik (17)'den elde edilir.

$$T_{(\theta)} = \frac{1}{2}\rho CHW^2 C_T R \quad (17)$$

Teğetsel kuvvet F_T ve buna bağlı olarak meydana gelen moment türbinin dönme açısı θ 'nin fonksiyonudur. $\theta = 0$ için aşağıda hesaplama örneği verilmiştir. Hücüm açısına bağlı olarak C_L ve C_D değerleri seçilerek;

$$w_{(\theta=0)} = V\sqrt{1 + 2\lambda \cos\theta + \lambda^2} = 9\sqrt{1 + 2.6 \cos 0 + 6^2} =$$

$$w_{(\theta=0)} = 63$$

$$\alpha_{(\theta=0)} = \tan^{-1} \left(\frac{\sin \theta}{\cos \theta + \lambda} \right)$$

$$\alpha_{(\theta=0)} = 0$$

$\theta = 0$ olduğu durumda $C_L = 0$ ve $C_D = 0,01$ olmaktadır. Buna göre;

$$C_N = 0 \cos 0 + 0,01 \sin 0$$

$$C_N = 0$$

$$C_T = 0 \sin 0 - 0,01 \cos 0$$

$$C_T = -0,01$$

$$F_{N(0)} = (1/2) \cdot (1,225) \cdot (0,237) \cdot (0,8) \cdot (63)^2 \cdot (0)$$

$$F_{N(0)} = 0$$

$$F_{T(0)} = (1/2) \cdot (1,225) \cdot (0,237) \cdot (0,8) \cdot (63)^2 \cdot (-0,01)$$

$$F_{T(0)} = -4.6$$

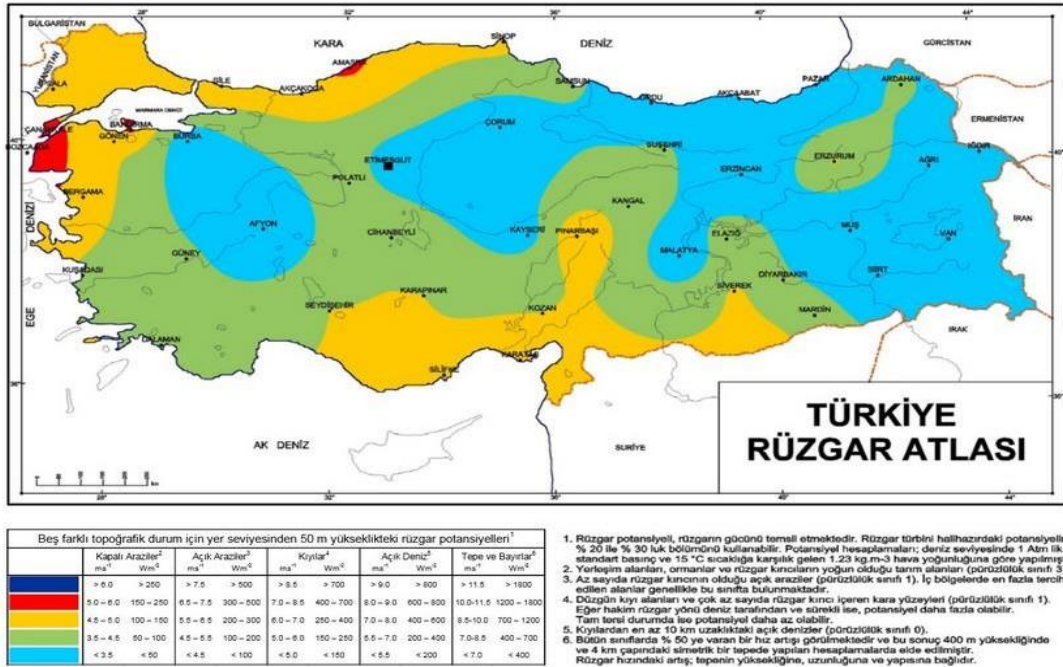
$$T_{(0)} = (1/2) \cdot (1,225) \cdot (0,237) \cdot (0,8) \cdot (63)^2 \cdot (-0,01) \cdot (0,2)$$

$$T_{(0)} = -0.92183$$

9.4. ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

9.4.1. RÜZGÂR TÜRBİNLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Rüzgâr enerjisi; yenilenebilir, yerli ve dışa bağımlı olmayan bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir bir kaynak olduğundan dünya var oldukça rüzgârdan enerji üretimi devam edecektir. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimini gerçekleştiren rüzgâr türbinleri, enerji üretimi açısından en çevreci santrallerden biridir. Bu santraller, ekolojik yapıyı korur ve doğal dengeyi bozamaz. Ayrıca rüzgâr türbinleri, küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına yol açmayan, CO₂, CO, NO_x emisyonları çıkarmayan, insan sağlığına ve bitki örtüsüne olumsuz etkileri olmayan temiz bir enerji üretim kaynağıdır. Rüzgâr türbinlerinin diğer çevresel etkileri; arazi kullanım oranı, gürültü etkisi, habitata etkisi, elektromanyetik alan etkisi, görüntü ve estetik etki şeklinde sıralanabilir. Rüzgâr türbinlerinin tüm çevresel etkileri aşağıda detaylıca izah edilmiştir.



Şekil – 11: Türkiye Rüzgâr Atlası

4.1.1 ARAZİ KULLANIMI

Rüzgâr enerji santralleri çok geniş yer kaplıyor gibi görünmesine rağmen santralde türbinlerin kapladığı alan, toplam alanın yaklaşık %1-1.2'si düzeyindedir. Bu nedenle, rüzgâr enerji santrallerinde geriye kalan alan (%98-99), tarım ve hayvancılık için kullanılabilir. Tek türbin açısından değerlendirildiğinde ihtiyaç duyulan alan 700-1000 m²/MW düzeyindedir. Rüzgar enerji santrallerinin birim kurulu güç başına toplam alan ihtiyacı 0.1-0.2 km²/MW seviyesindedir. Kurulu güç ve enerji üretimi açısından bir rüzgâr enerji santrali ve hidrolik enerji santralinin arazi kullanım oranları Tablo 5'te karşılaştırılmıştır.

Aynı kurulu güce sahip santraller arasında rüzgâr enerji santralleri hidrolik enerji santrallerine göre daha az yer kaplamaktadır. Bu durum, rüzgâr enerji santrallerinin çok yer kapladığı görüşünün de doğru olmadığını göstermektedir.

Tablo – 5: Rüzgâr ve hidroelektrik santrallerinin kurulu güç ve enerji üretimine göre arazi kullanım oranları

Santral türü	Kurulu güce göre arazi kullanım oranı (km ² /GW)	Üretilen enerjiye göre arazi kullanım oranı (km ² /GWh)
Hidrolik enerji santrali	1600-9000	0.75
Rüzgâr enerji santrali	47-160	0.12

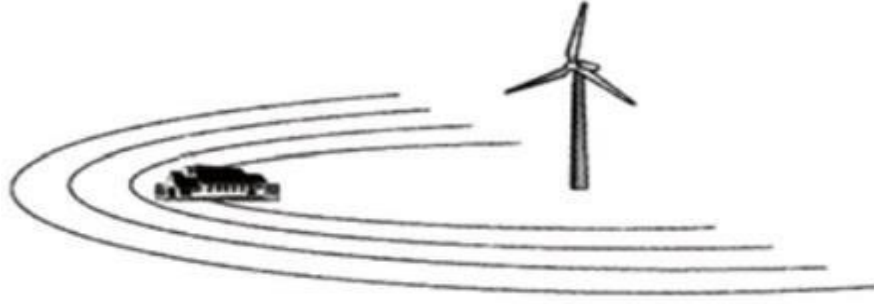
4.1.2. GÜRÜLTÜ ETKİSİ

Gürültü, rüzgâr enerjisi mühendisliğinin en önemli konularından biridir. Gürültü, istenmeyen ses olarak tanımlanmaktadır. Rüzgâr türbinlerinde gürültü iki farklı sebeple oluşmaktadır. Bunlardan ilki dişli sistemi, jeneratör, soğutma fanları gibi sistemlerden kaynaklanan mekanik gürültü; ikincisi ise rüzgâr ve kanat etkileşimi sebebiyle ortaya çıkan aerodinamik gürültüdür. Günümüzdeki teknolojik gelişmeler neticesinde, mekanik gürültü büyük ölçüde önlenmiştir. Bu nedenle, ağırlıklı olarak aerodinamik gürültü üzerine iyileştirme çalışmaları yürütülmektedir.

600 kW ve 2 MW güç kapasiteli rüzgar türbininden belli uzaklıkta hissedilen gürültü seviyeleri desibel (dB) cinsinden Tablo – 6’da verilmiştir. 600 kW güç kapasiteli rüzgar türbininden 200 m uzaklıkta duyulan gürültü seviyesi 46.5 dB iken; 2 MW güç kapasiteli rüzgar türbininden aynı uzaklıkta duyulan gürültü seviyesi 47 dB olarak belirlenmiştir. Rüzgâr türbinlerinin güç kapasiteleri birbirinden çok farklı olmasına rağmen; rüzgâr türbini teknolojisindeki gelişmeler neticesinde gürültü seviyeleri arasındaki farkın ciddi oranda azaldığı tespit edilmiştir.

Çeşitli kaynakların çıkardığı gürültü seviyeleri (dB) Şekil – 13’te verilmiştir. Rüzgâr türbinlerinin çıkardığı gürültü 50 dB seviyesindedir ve diğer çoğu kaynaktan (uçaklar, havalı matkap vb.) çıkan gürültüye göre daha azdır. Bu durum, rüzgâr türbinlerinde oluşan gürültünün insanları rahatsız edecek bir düzeyde olmadığını göstermektedir.

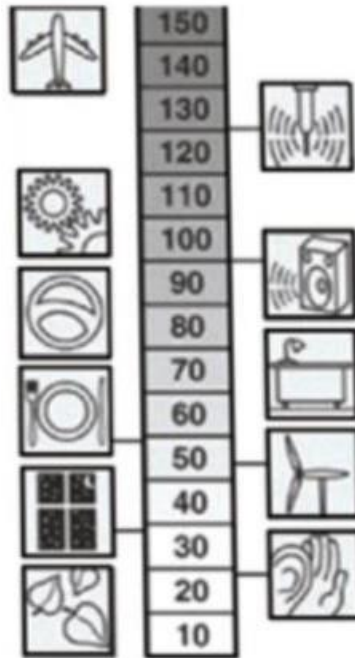
Rüzgâr türbini teknolojisindeki gelişmeyle birlikte, rüzgâr türbinlerinde oluşan gürültü seviyesinin ilerleyen yıllarda daha da düşeceği kaçınılmaz olarak görülmektedir.



Şekil – 12: Türbinine belli uzaklıkta gürültü seviyesi olan yerleşim gösterimi

Tablo - 6: Rüzgâr türbininden belli uzaklığa göre hissedilen gürültü seviyeleri (dB)

Rüzgar Türbini	200 m	250 m	300 m	500 m
600 kW	46.5	44.4	42.7	37.4
2MW	47	44.9	43.2	37.9



Şekil – 13: Bazı seslerin desibel değerleri (dB)

4.1.3. HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİSİ

Günümüzde elektrik enerjisi üretiminde en sık kullanılan enerji kaynakları; kömür, doğal gaz ve petroldür. Bunlar, aynı zamanda en fazla zararlı gaz (CO_2 , SO_2 , NO_x) yayan enerji kaynaklarıdır. Enerji kaynaklarından elektrik enerji üretimi sırasında ortaya çıkan CO_2 , SO_2 , NO_x emisyonları Tablo – 7’de verilmiştir. Elektrik enerjisi üretiminde karbondioksit (CO_2) emisyonu en yüksek olan enerji kaynakları sırasıyla kömür, petrol ve doğal gaz; azotoksit (NO_x) emisyonu en yüksek olan enerji kaynakları ise sırasıyla; kömür, doğal gaz ve petrol şeklinde sıralanmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının aksine rüzgâr enerjisi CO_2 , SO_2 ve NO_x emisyonu yaymayan ve sera etkisi yaratmayan çevreci bir enerji kaynağıdır. Bu sebeple de son yıllarda rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi hızla artmaktadır.

Rüzgâr türbininden 1 kWh’lik elektrik enerjisi üretimiyle salınımı en fazla önlenen emisyonlar sırasıyla; kükürtdioksit (7.1 gr), azotoksit (2.8 gr), karbonmonoksit (0.9 gr), karbondioksit (0.7 gr) ve partikül madde (0.18 gr) şeklindedir (Tablo – 8). Dünya genelinde 2025 yılına kadar elektrik enerjisi ihtiyacının sadece %10’unun rüzgâr enerjisinden sağlanması durumunda atmosfere salınan CO_2 emisyonunun yılda 1.41 Gton azalacağı öngörülmektedir. Bu sebeple, enerji santralleri kurulurken çevresel etkilerin değerlendirilerek yatırımların yapılması son derece önem arz etmektedir.

Tablo – 7: Elektrik enerjisi üretiminde küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına neden olan NO_x , SO_2 , CO_2 , emisyonları

Enerji kaynağı	CO_2 (kg/1000 kWh)	SO_2 (kg/1000 kWh)	NO_x (kg/1000 kWh)
Kömür	963	0.62	3.6
Doğal gaz	608	0.0032	2.1
Petrol	890	5.58	1.6
Rüzgâr	0.0	0.0	0.0

Tablo – 8: 1 kWh’lik elektrik enerjinin rüzgâr enerjisi üretimi sonucunda salınımı önlenen emisyonların miktar

Emisyon tipi	Miktar (g)
Kükürtdioksit (SO_2)	7.1
Azotoksitler (NO_x)	2.8
Karbonmonoksit (CO)	0.9
Karbondioksit (CO_2)	0.7
Partikül madde (PM)	0.18

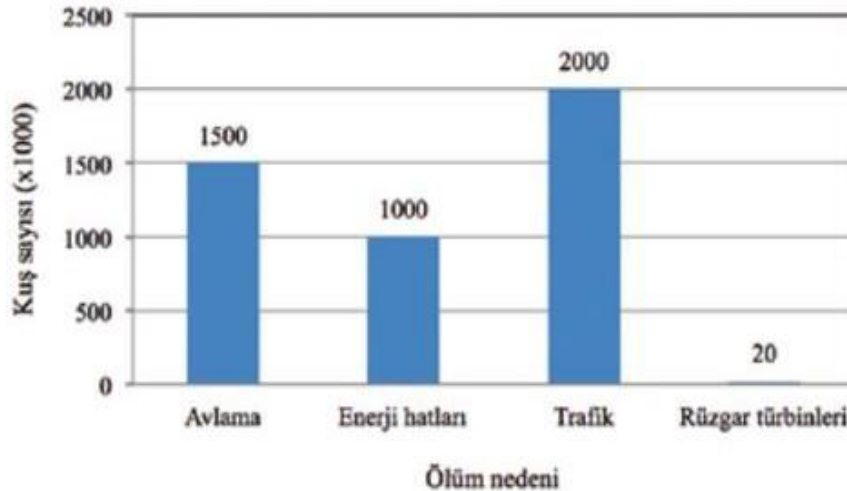
4.1.4. HABİTATA ETKİSİ

Habitat, bir canlının yaşadığı veya geliştiği bölge olarak tanımlanmaktadır. Rüzgâr türbinlerinden etkilenen en önemli canlı grubu kuşlardır. Rüzgâr türbinleri çalışma esnasında kuş ölümlerine neden olabilmektedir. Kuş ölümleri, genellikle kuşların toplu göçü sırasında karşılaşılan bir durumdur. Danimarka’da yapılan bir araştırmada, rüzgâr türbinleri sebebiyle yıllık ortalama 20,000 civarında kuş ölümünün gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca bu araştırmada, avlanma sebebiyle 1,500,000, enerji hatlarına çarparak yaklaşık 1,000,000 ve trafikte ise yaklaşık 2,000,000 kuşun her yıl öldüğü tespit edilmiştir (Tablo – 9). Avlanma, enerji hatları ve trafik sebebiyle gerçekleşen kuş ölümleri; rüzgâr türbinlerinde gerçekleşen kuş ölümleriyle karşılaştırıldığında rüzgâr türbinlerine çarparak gerçekleşen kuş ölümlerinin diğerlerine göre oldukça düşük seviyede olduğu belirlenmiştir.

Yerleşik kuşların rüzgâr türbinlerine kolayca alışarak yuva yaptığı bilinmektedir. Birçok göçmen kuş sürüsü 150 m’den daha yüksekte uçmakta olup türbin kanatları bu kuş sürüleri için herhangi bir tehlike oluşturmamaktadır. Kuş göçleri genellikle 300-1000 m arası yükseklikte yoğun olmakla birlikte daha yükseklerde göç eden kuşlar da vardır.

Ama yine de rüzgâr enerji santrallerinin kurulduğu bölgelerin göç yolları üzerinde olmaması en iyi çözüm yolu olarak görülmektedir.

Tablo - 9: Yıllık tahmini kuş ölümleri ve nedenleri



4.1.5. ELEKTROMANYETİK ALAN ETKİSİ

Rüzgâr türbinleri, elektromanyetik alan oluşturarak kurulduğu bölgedeki havacılık ve denizcilik haberleşmelerini, radyo ve televizyon yayınlarını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu etki, rüzgâr türbinlerindeki gövde ve kanatların bir ayna görevi görmesinden kaynaklanmaktadır. Alıcıdan gelen sinyaller yansıtılmakta ve bu sinyaller alıcıya giden sinyalleri doğrudan etkilemektedir.

Rüzgâr türbinlerinde elektromanyetik alan açısından en kötü koşullar yüksek frekanslarda oluşmaktadır. Rüzgâr türbinlerindeki bu elektromanyetik etki; türbinlerin mikrodalga rotaları üzerinde bulunmamasıyla, kablo bağlantılarıyla veya yerel yükselticilerin kullanılmasıyla aşılabilmektedir. Rüzgâr türbinlerinin elektromanyetik etkisi, kanat malzemesi ve kanat büyüklüğüyle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca rüzgâr türbinlerinde metal malzeme kullanıldığında elektromanyetik etki ve gürültü oranı daha yüksek olmaktadır. Bu problem, rüzgâr türbini kanatlarının fiberglas, cam-elyaf veya karbon-elyaf malzemeden üretilmesiyle aşılabilmektedir.

4.1.6. GÖRÜNTÜ VE ESTETİK ETKİ

Rüzgâr enerji santrallerinde yer alan rüzgâr türbinlerinin görsel ve onları çevreleyen manzara üzerine etkileri bulunmaktadır. Görsel etkilerden en önemlileri; rüzgâr türbinlerindeki gölge titreşimi ve parıltı etkisidir. Güneşin doğuşu ve batışı sırasında rüzgâr türbinlerinin dönmekte olan kanatları gölge oynamasına ve gölge titreşimine sebep olabilir. Benzer şekilde cilalı kanatlara gelen güneş ışığı da etrafa yansiyarak parıltı etkisine neden olabilir. Bu tür sorunlar, türbinin ve kanatların gün içerisinde her türlü renk koşullarına uyan açık mat gri renkle boyanmasıyla giderilebilir. Bir diğer görüntü kirliliğine engel olmak içinse kafes tipi kulelerin yerine boru tipi kuleler tercih edilmelidir. Günümüzdeki modern rüzgâr türbinlerinde de daha çok boru tipi kuleler tercih edilmektedir.

4.2. RÜZGAR GÜCÜNÜN YARARLARI VE ZARARLARI

4.2.1. RÜZGAR GÜCÜNÜN YARARLARI VE ARTILARI

1. Kömür ve doğalgaza temiz bir alternatiftir. Rüzgar türbinleri atık üretmez ve sadece inşa edilmeleri sırasında kullanılan fosil yakıtların ürettikleri dışında sera gazı da üretmez
2. Rüzgar yenilenebilir bir kaynaktır; petrol, doğal gaz ve kömür gibi bugünkü başlıca enerji kaynaklarımızın aksine, tekrar tekrar kullanılsa da tükenmez.
3. Rüzgar çiftliklerinin yakıt gereksinimi yoktur. Türbinlerin inşa edilmesinin bir maliyeti vardır, ama rüzgar bedavadır.
4. Rüzgar türbinlerinin etrafındaki arazide tarım yapılabilir.
5. Rüzgar türbinleri ücra yerlerde elektrik tedarik etmek için iyi bir yöntemdir.
6. Rüzgar enerjisi giderek ucuzlamaktadır.

4.2.2. RÜZGAR GÜCÜNÜN ZARARLARI VE EKSİLERİ

1. Rüzgar öngörülemez, bazı günlerde hiç esmez, bazı günlerde fazlasıyla eser.
2. Rüzgar çiftlikleri kurmaya uygun yerler genellikle sahile yakındır ve buralarda arazi fiyatları yüksektir.
3. Rüzgar türbinlerinin çirkin görüldüğünü ve kırsal alanların görüntüsünü bozduğunu düşünen insanlar var.
4. Türbinler bazen kuşları öldürebiliyor.
5. Türbinler radar sistemlerini ve yakın yerlerde yaşayanların televizyon alıcılarını etkileyebiliyor.
6. Türbinler gürültülü olabiliyor. Eski rüzgar jeneratörleri gece gündüz, insanları çılgına çevirebilecek, yavaş ama sürekli bir uğultuyla çalışıyordu. Fakat günümüzde genellikle daha sessizdirler.

5. MAALİYET HESABI:

Tablo – 10: Maliyet hesabı

Malzeme	Birim Fiyat	Adet	Maliyet
Kanat Profilleri	50	3	150 TL
Demir Ayak/Montaj	200 TL	1	200 TL
360 Dönme Mekanizması	200 TL	1	200 TL
Motor	40 TL	1	40 TL
St 50 Mil	70 TL	1	70 TL
Cıvata-Somun	50		50 TL
Yönlendirici	50 TL	1	50 TL
Gövde	70 TL	1	70 TL
Rulman	30 TL	1	30 TL
LED	10 TL	1	10 TL
Genel Toplam			870 TL

6.SONUÇLAR

Proje kapsamında standart bir rüzgar türbininden elde edilen enerjiden daha fazla enerjiyi yaklaşık aynı alanı kullanarak ve daha verimli şekilde üretmeyi mümkün kılacaktır.

Winglet kullanılan kanatlar kullanılmayan kanatlara göre dakikada daha fazla devir üretilir. 45 derecelik açığa sahip wingletli kanat dakikada en yüksek devri üretir.

Tasarımımızda diğer bir yeniliğimiz olan yönlendirici eklemek ise; rüzgardan daha verimli bir şekilde faydalanmamızı sağladı.

Kanat profili olarak ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) seçilmiştir. Tasarım hesaplamalarında türbinin üreteceği güç belirlenip kanat hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Rüzgar türbininin rüzgarda en verimli şekilde yararlanması kanatların rüzgara dik konuma gelmesi gerekir. Türbin ağırlık merkezine rulman montajı yapılmış ve türbinin kule ekseninde serbest dönmesi sağlanmıştır.

7. ÖZGEÇMİŞ

Aleyna ÖZDEMİR, 24 Kasım 1998 tarihinde Trabzon'da doğdu. Liseyi Fatih Sultan Mehmet Anadolu Lisesinde tamamladı. Şu an eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde 4. Sınıf Makine Mühendisliği Bölümü'nde devam etmektedir. Orta seviye yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir. Burs veya aldığı bir ödül bulunmamaktadır.

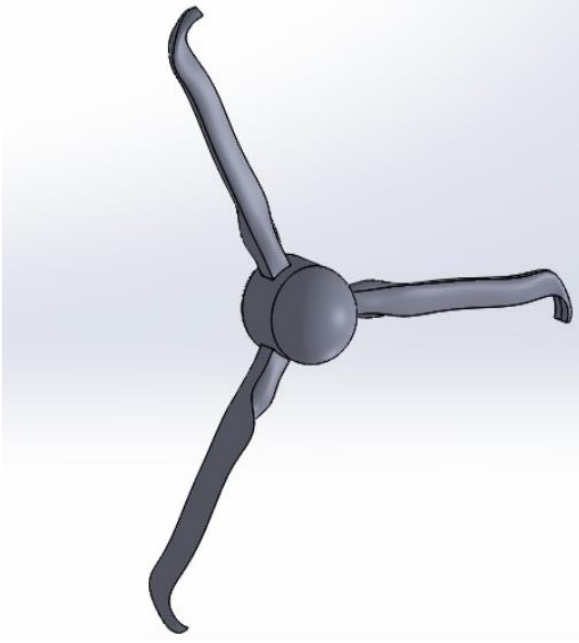
Miray AYDEMİR, 1 Mayıs 1999 tarihinde Bursa'da doğdu. Lisenin bir kısmını Hürriyet Anadolu lisesinde bir kısmını Ahmet Kırmızı Koleji'nde tamamladı. Şu an eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde 4. Sınıf Makine Mühendisliği Bölümü'nde devam etmektedir. Orta seviye yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir. Burs veya aldığı bir ödül bulunmamaktadır.

8. KAYNAKÇA

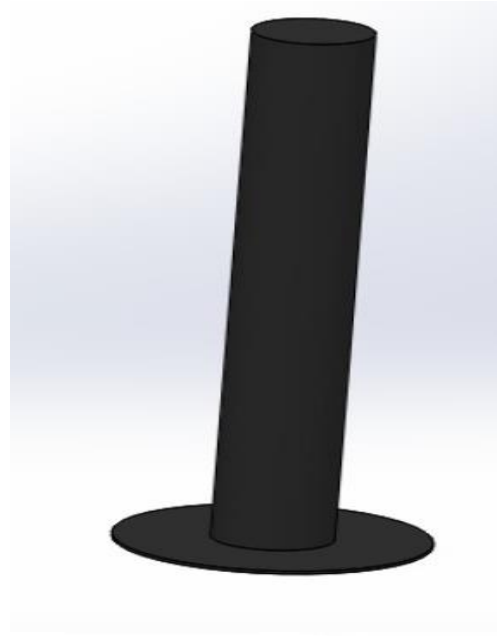
1. Anadolu Enerji Sempozyumu 22-24 Haziran 2011, Fırat Üniversitesi, Elazığ 610 yatay eksenli rüzgar türbinleri mekanik tasarım esasları ve performans araştırması Erdem KOÇ ve Mahmut Can GENEL
2. SAÜ. Fen Bil. Der. 17. Cilt, 2. Sayı, s. 207-216, 2013 SAU J. Sci. Vol 17, No 2, p. 207-216, 2013 Bir rüzgar türbini tasarımı ve geliştirilmesi
3. Koç, E., Şenel, M. C. 2016. “Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinlerinde Optimum Türbin Parametrelerinin Belirlenmesi-Teorik Yaklaşım,” Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 676, s. 32-40.
4. Rüzgâr Türbinlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi Mahmut Can ŞENEL ve Erdem KOÇ
5. Yatay Eksenli rüzgar türbinlerinin dinamik davranışı – teorik model Mahmut Can ŞENEL ve Erdem KOÇ
6. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri Mekanik Tasarım Esasları ve Performans Araştırması – Mahmut Can ŞENEL ve Erdem KOÇ
7. Kırıkkale Üniversitesi'ne Kurulacak Olan Rüzgar Türbini İçin Enerji ve Maliyet Analizinin Yapılması Özge Pınar ARSLAN, Yağmur ARIKAN, Mustafa Y. ERTEN, Ertuğrul ÇAM Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 71451 Türkiye.
8. Bir rüzgar enerji santralindeki rüzgar türbinlerinin yerleşimlerinden kaynaklanan güç kayıplarının hesaplanması Melike Sultan KARASU AŞNAZ1,* , Bedri YÜKSEL2 1 Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Müh. Böl., Çağış Kampüsü, Balıkesir. 2 İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Müh. Böl., İstanbul.
9. Kaya, K., Koç., E. 2015. “Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinlerinde Kanat Profil Tasarımı ve Üretim Esasları,” Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 670, s. 38-48.

10. Rüzgar türbini kanat tasarımı ve analizi – Eren IŞIK Kocaeli ÜNİVERSİTESİ
11. RÜZGAR TÜRBİNİ KANADI TASARIMI Devrim Tuna Yüksek Lisans Tezi Çorlu Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
12. ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN DÜŞÜK GÜÇLÜ RÜZGAR ENERJİ SİSTEMİ TASARIMI Ahmet TOPRAK YÜKSEK LİSANS TEZİ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
13. <https://mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=10/> © 1998 - 2021 Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
14. https://www.ekonomiksolar.com/index.php?route=journal2/blog/post&journal_blog_post_id=39/ Tescilli Marka © 2018, Ekonomiksolar.com
15. T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE ÜRETİLEN ALTERNATİF AKIMIN TEMELLERİ 522EE0399 Ankara, 2012
16. <https://ekolojist.net/ruzgar-enerjisi-guc-hesabi/> © 2017.Ekolojist.
17. <https://slideplayer.biz.tr/slide/10431658/> © 2021 SlidePlayer.biz.tr Inc.

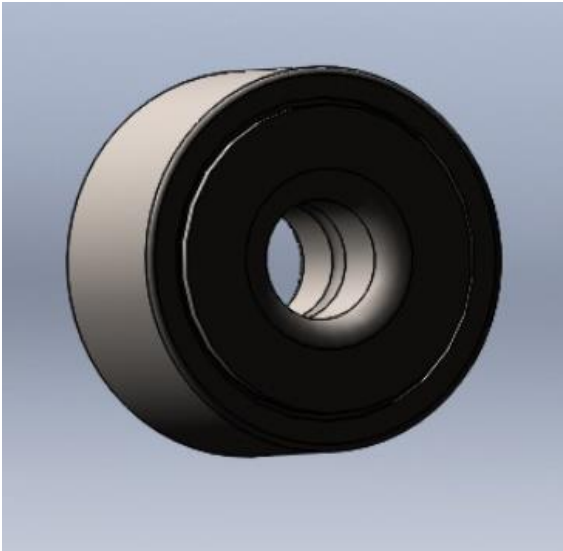
9.EKLER



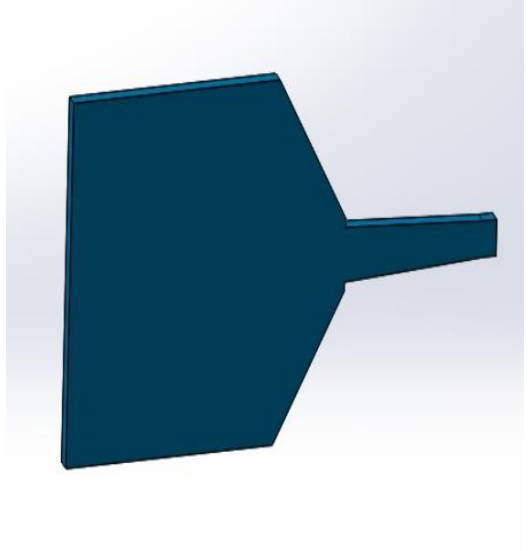
Şekil – 14: Winglet Kanat



Şekil – 15: Mil



Şekil – 16: Rulman



Şekil – 17: Yönlendirici



Şekil – 18: Dişli kutusu ve Motor



Şekil – 19: Rüzgar Türbini