

GÜNEŞ BACASI GÜÇ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN RÜZGAR TÜRİNLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

¹Murat AKIL, ²Emrah DOKUR, ³Mehmet KURBAN

^{1,2,3}Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Özet

Enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıtların zararlı etkilerinden ötürü dünyada yeni enerji kaynakları arayışına gidilmiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi bu kapsamda hızla artmıştır. Yaşamın doğal döngüsünün parametrelerinden biri olan güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımı konusunda uygulamalar hızla sürmektedir. Güneş enerjisini kullanarak enerji üretimi sağlayan sistemlerden biri de güneş bacası güç santralleridir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte güneş bacası güç sistemlerinin sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada ise güneş bacası güç santrallerinde kullanılan farklı türbin konfigürasyonları ve generator modelleri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, güneş bacası, türbin

Abstract

The reason that fossil fuels used for meeting the energy need shall run short together with the fact that they are harmful for the environment led the path for a search of new energy sources worldwide and renewable energy sources have gained importance in this respect. As a renewable energy resources, solar energy is one the main parameters of natural cycle of life and it becomes prominent with various implementation areas and studies in this subject are still performed. Solar chimney power plants are one of the generation stages of electricity energy based on solar energy. As a result of the increase in investments in developing technologies and renewable energy resources, the number of solar chimneys is also increasing day by day. This paper is compared solar chimney power plant used different turbine configuration and generator models.

Key words: Solar energy, solar chimney, turbine

1. Giriş

Ülkemizde ve dünyada hızla artan nüfus ve gelişen sanayi, enerji kaynaklarının yetersiz kalmasına, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki farkın giderek büyümesine neden olmuştur. Bunun önüne geçmek için son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisinden farklı şekillerde elektrik enerjisi üretme yöntemleri oluşturulmuştur. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş yaşamın doğal döngüsünün temel parametrelerinden olmakla birlikte çok çeşitli uygulama alanlarıyla öne çıkmakta ve bu konuda yeni çalışmalar devam etmektedir. Bu yöntemlerden biri olan güneş bacası sistemlerinde de teknolojinin gelişmesi ile beraber bir çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir.

Güneş bacaları da güneş enerjisini temel alan prensibiyle elektrik enerjisinin üretim aşamalarından biri olarak yer almaktadır. Gelişen teknoloji ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımların artması sebebiyle güneş bacalarının sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Güneş

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Electrical Electronics Engineering Department Bilecik Seyh Edebali University, Bilecik TURKEY. E-mail address: murat.akil.033@gmail.com, Phone: +905384572781

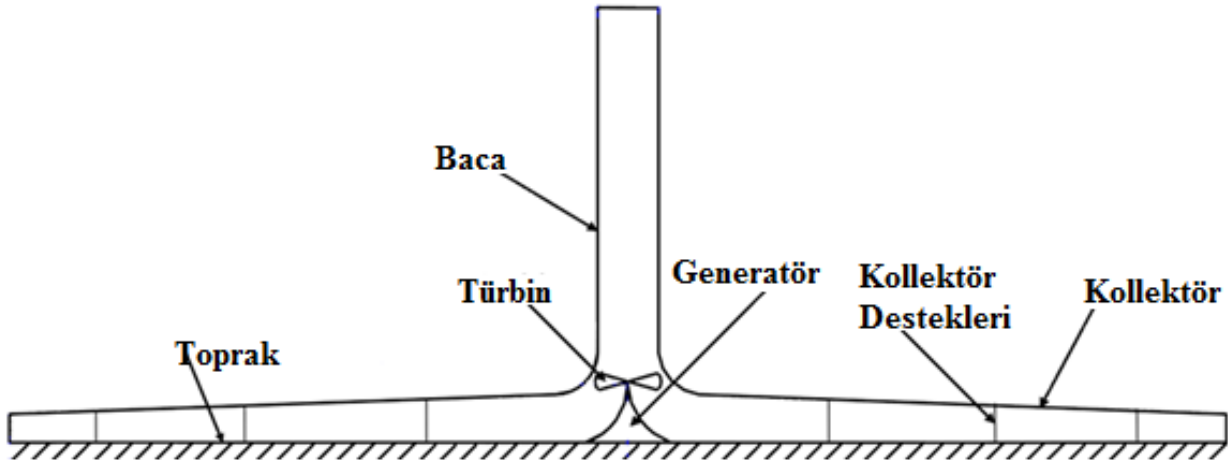
bacaları havanın sıcaklığının artması sonucu yükselmesi prensibiyle çalışan bir elektrik enerjisi üretim sistemi olmasından dolayı kurulumu konusunda ki fizibilite çalışmalarında güneş potansiyelinin yüksek olduğu ve rakımında orta değerde olduğu bölgelerde kurulumu uygun görülür.

Literatür de güneş bacaları ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle termodinamik modellemelerin yanı sıra statik ve dinamik problemler üzerine olmuştur [1]. Pasumarthi ve Sherif teorik ve deneysel çalışmalar yaparak güneş bacalarının performans karakteristiklerini incelemişlerdir. Padki ve arkadaşları ise farklı geometrilere sahip baca sistemlerinin güç ve verimlerini analiz etmişlerdir. 2000'li yıllardan sonra yapılan çalışmalara da baktığımız da yine sistem kayıpları kollektör verimlilikleri ve türbin bileşenlerinin optimizasyonu üzerine yapılan çalışmaları görmekteyiz.

2. Güneş Bacası Modeli

Güneş bacası, ısınan havanın yükselme prensibine dayanan, ısı enerjisi kinetik enerjiye daha sonra da kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bu bölümde güneş bacalarının genel yapısını dikey güneş bacası örneği üzerinden anlatılmıştır.

Sistemde kollektör altında bulunan hava, kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımı sayesinde ısınır. Isınan bu hava ve dış ortamdaki soğuk hava arasında oluşan yoğunluk farkından dolayı, hava, kollektörün merkezine doğru yatay olarak taşınır. Kollektör merkezinde bulunan bacanın ortasında yer alan rotoru döndürerek, havadaki kinetik enerji mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir sayısı artırılarak, mekanik enerji generatöre aktarılır ve elektrik enerjisine çevrilir. Şekil 1'de güneş bacalarındaki enerji üretiminin şematik diyagramı gösterilirken Şekil 2'de güneş bacası üzerine yapılmış çalışmaların ilki olan Manzares'de ki güneş bacası güç santrali örneği gösterilmiştir.

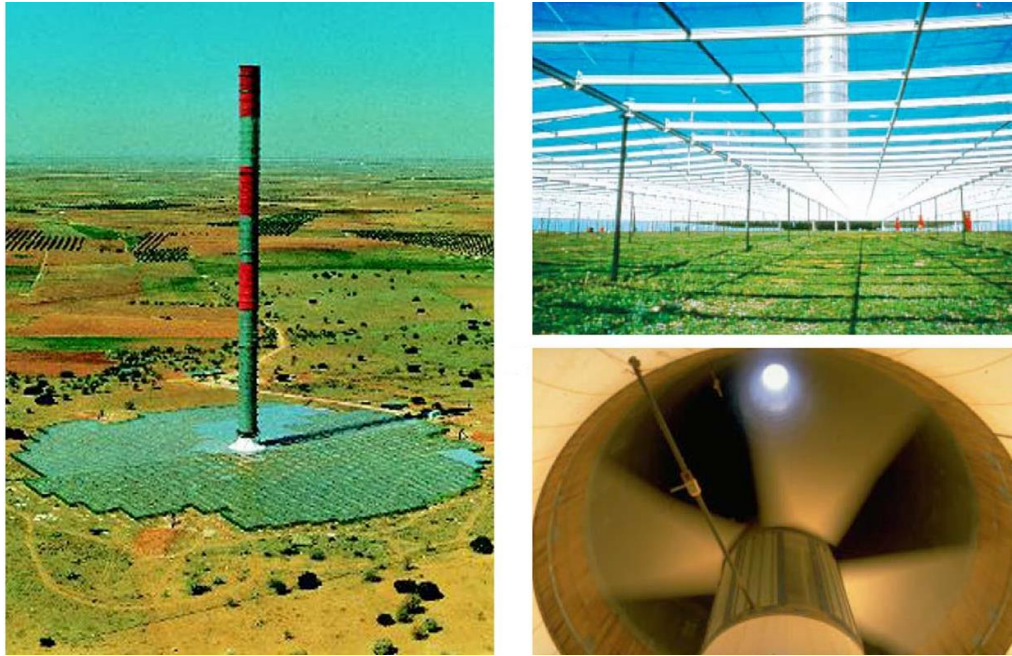


Şekil 1. Güneş bacası güç santralinin şematik diyagramı

Yapılan çalışmalara baktığımızda kollektör çapı (R_{col}), baca yüksekliği (H_{chi}), baca çapı (R_{chi}) değerlerini de içeren dünya üzerindeki bazı güneş bacası örnekleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Dünyadaki bazı güneş bacası güç santralleri

Yerleşim	Güneş Bacası Güç Santrali				Referanslar
	Bölge	R_{col}	H_{chi}	R_{chi}	
Manzares ,İspanya	122m	194.6m	5.08m	48 kW (designed) 36-41 kW (measured)	Haaf (1984) and Haaf et al. (1983)
Yinchuan,Çin	250 m	200 m	5 m	110–190 kW	Dai et al. (2003)
Akdeniz Bölgesi	625 m	550 m	41 m	2.8–6.2MW	Nizetic et al. (2008)
Arap Gulf Bölgesi	1000 m	500 m	50 m	>8 MW	Hamdan (2011)
Adrar, Cezayir	250 m	200 m	5 m	140–200 kW	Larbi et al. (2010)
Qinghai-Tibet	2825 m	1000 m	40 m	372 TJ/year-829TJ/year	Zhou et al. (2010)
Kerman , İran	40 m	60 m	1.5 m	4.035 kW	Najmi et al. (2011)
İran	122 m	194.6 m	5.08 m	175–265 MWh year	Asnaghi and Ladjevardi (2012)

**Şekil 2.** Manzares Güneş Bacası Güç Santrali: (a) tüm santral ; (b) kollektör; (c) türbin [2]

Güneş bacası güç santrallerinin diğer elektrik üretim sistemlerine göre avantajları ve dezantajları da mevcuttur.

Avantajları:

- Cam yüzeye güneş ışınımı yoğun olarak gelmediği için difüz ışınımından kapalı havalarda da yararlanılabilir.
- Ucuz ve kolay ısı enerjisi üretiminde de kullanılabilir. Örneğin kollektör altındaki zemine döşenecek su hortumları ile ısı enerjisinin depolanabilmesi mümkündür.
- Kolay bulunan malzemeler ile üretimi mümkündür.

Dezavantajları:

-Üretilen enerjinin artırılması için büyük çaplı bir alan temin edilmesinden ötürü yapım maliyeti yüksektir.

-Yine enerji üretiminin artırılması için baca yüksekliği uzunluğunun artırılması gerekeceğinden, uzun bir bacanın sabitlenmesi ve yatay ekseninde gelen rüzgar kuvvetlerine karşı koyabilmesi için konstrüksiyon yapısının sağlamlığına ihtiyaç duyulmaktadır.

- Hava taşıtları için baca yüksekliğinin artması risk oluşturmaktadır.

-Mevsimlere ve gündüz-gece farkına göre santral enerji üretim kapasitesinde değişimler olabilmektedir.

-Tozlu kollektör yüzeyi ise verimi azaltır.

2.1. Güneş Bacalarında Kullanılan Türbinler

Güneş bacalarında kullanılan türbinler rüzgar türbinleri gibi hız kademeli değil tam tersine basınç kademeli kaplan tipi türbinlerdir. Kaplan tipi türbinlerde suyun basıncıyla türbin hareketi sağlanması prensibiyle çalışmasına karşın güneş bacası güç santrallerinde ise kollektörler altından gelen havanın statik basıncı, türbinin dönmesini sağlar. Dolayısıyla türbin öncesi ve sonrasındaki hava hızları, yaklaşık olarak birbirine eşittir. Bu tür türbinlerdeki güç yoğunluğu hız kademeli türbinlere göre oldukça yüksektir.

Türbinin verimi, türbin kanat sayısına ve türbin difüzör kaybı katsayılarına bağlıdır. Türbindeki verimliliği sayısal çözümlerle istersek öncelikle entalpi kaybını bulmamız gerekir. Entalpi kaybı, türbin geneline düşen gerçek ve ideal (kayıpsız) durgunluk entalpisi arasındaki farka eşittir [3].

$$\text{Yük katsayısı } \Psi = \Delta H / \left(\frac{1}{2}\right) \times U^2 \quad \text{ve} \quad \Delta H = H_1 - H_2 \quad (1.1)$$

$$\text{Entalpi kaybı} = \Delta H_{\text{loss}}$$

$$\text{Türbindeki verimlilik} = \eta_t = \frac{\Delta H}{\Delta H + \Delta H_{\text{loss}}} \quad (1.2)$$

Türbindeki toplam basınç kaybı $\Delta p_{t\text{loss}}$ olsun. Kanat kayıp katsayıları(stator ve rotor) ve Türbinin difüzör kayıp katsayısı sırasıyla aşağıdaki gibi olur.

$$\zeta_s = \Delta p_{s\text{Loss}} / \left(\frac{1}{2} \rho V_1^2\right) \quad \zeta_r = \Delta p_{r\text{Loss}} / \left(\frac{1}{2} \rho W_2^2\right) \quad \zeta_e = \Delta p_{e\text{Loss}} / \left(\frac{1}{2} \rho V_2^2\right) \quad (1.3)$$

V: Mutlak hız

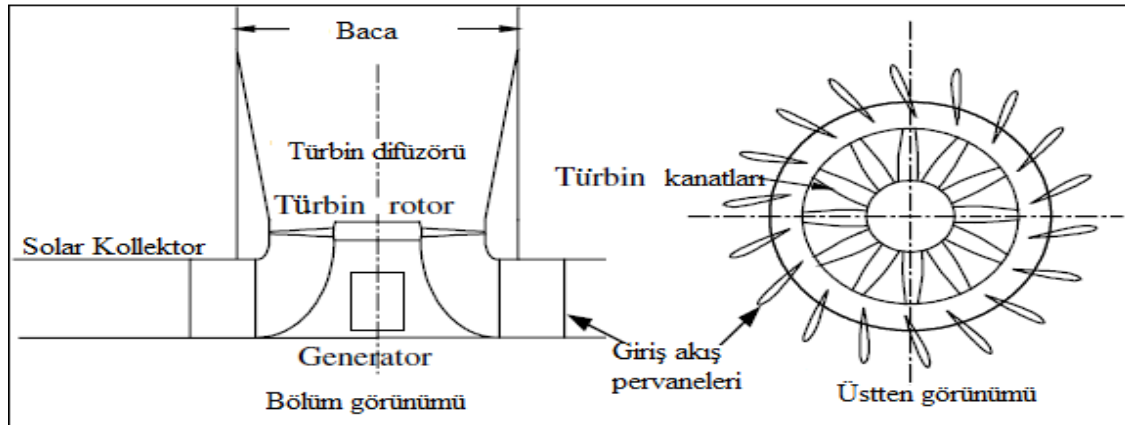
U: kanatlardaki dairesel hız

W: Bağıl hız

L= Kesirsel kayıp

$$\eta_t = (1 + L)^{-1} \quad (1.4)$$

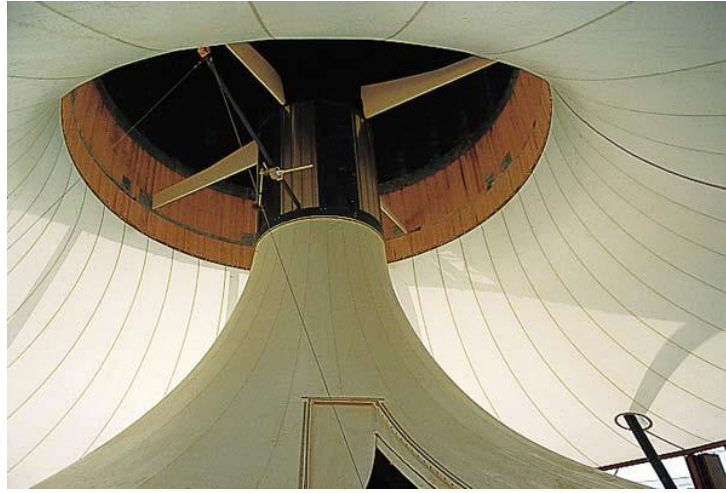
L türbin çıkış kesiri olarak ifade edilmiştir. Aşağıda güneş bacası türbin düzeni verilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Güneş bacasındaki türbin düzeni [3]

Türbin üzerinden akmakta olan havanın doğrultusunun değişmemesi sebebiyle, türbin konstrüksiyonunda herhangi bir hassas ölçüm ve yönlendirme sistemine gerek duyulmaz. Bu da, türbin maliyetlerinin düşmesi anlamına gelmektedir. Havanın hızı ve debisi, kanat açısının

değiştirilmesi ile ayarlanır. Kanat açısının 0° olması durumunda ise, kanatlar yatay konumdadır ve türbin dönmez. Kanatların dikey konuma ayarlanması durumunda ise hava, türbini etkilemeden geçer ve türbindeki basınç düşümü sıfır olur. Her iki durumda da elektrik üretimi söz konusu değildir. Bu iki konum arasında kanat açısının optimum olduğu bir durum vardır ki, o da türbindeki basınç düşümünün, mevcut toplam basıncın $2/3$ 'ü olduğu duruma tekabül eder.(Şekil 4) [4]. Bu durumda türbinden elde edilebilecek güç, maksimumdur [5].



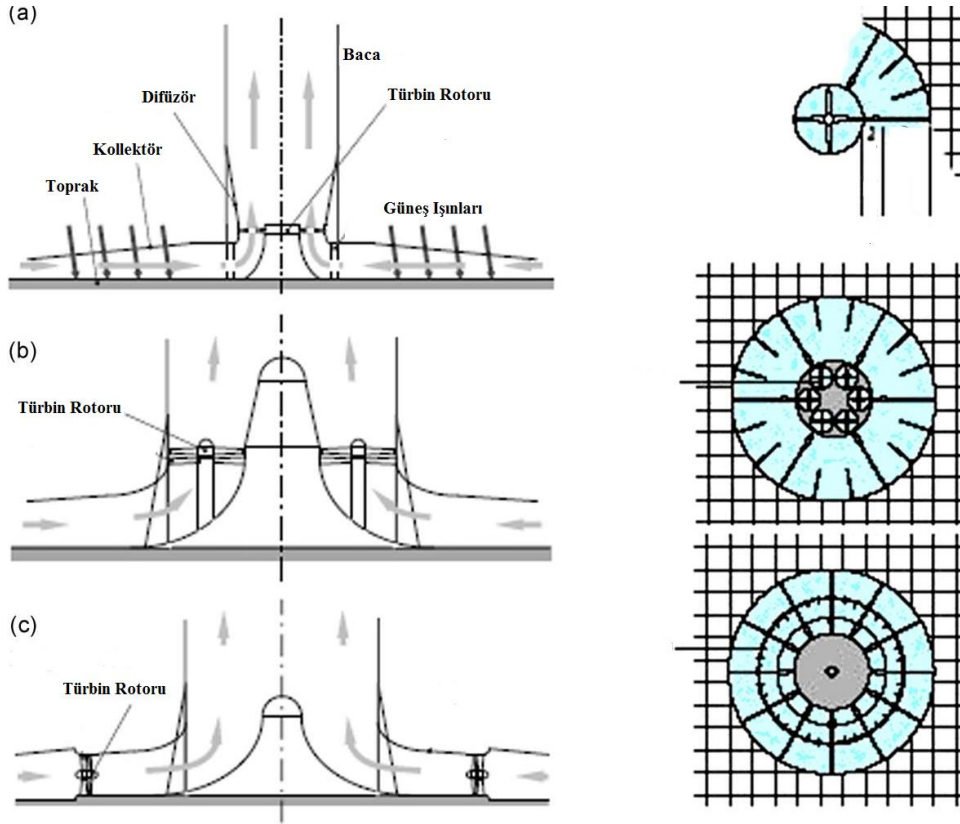
Şekil 4. Baca girişinde basınç kademeli türbin yerleşimi ve hava yönlendirme kanalları [4]

2.2. Türbin Dizaynı

Güneş bacası güç santrallerinde kullanılan türbinleri konumuna göre dikey ve yatay eksenli olarak, sayısına göre ise tekli ve çoklu olarak ayırmamız mümkündür.

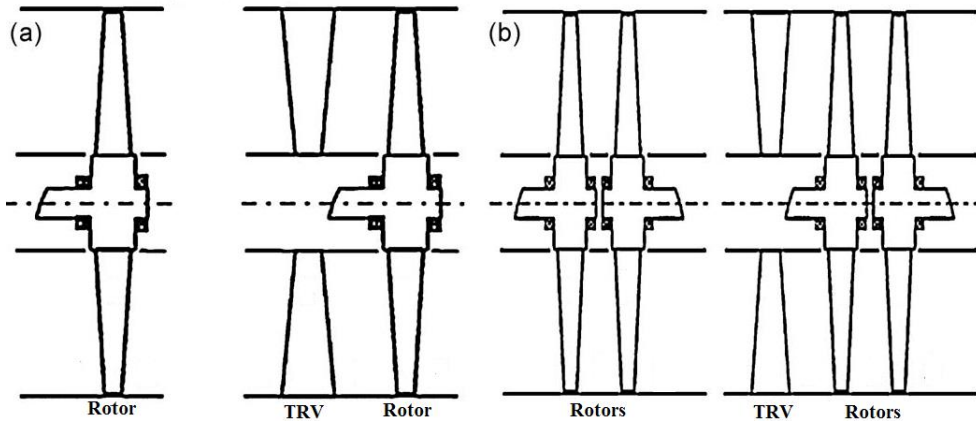
Dikey eksenli türbinler sessiz ve sağlam bir çalışma prensibine sahiptirler [1].

Güneş bacası güç santrallerinin büyüklüğüne göre türbin sayısı ve konumu tespit edilmektedir. Şekil 5' de farklı konfigürasyonlarda kullanılan türbin çeşitlerini bulabilirsiniz.



Şekil 5. Türbin konfigürasyonlarının yatayda ve üstten görünümü a) Tekli dikey eksenli türbin b) Çoklu dikey eksenli türbin c) Çoklu yatay eksenli türbin [2]

Türbinler aynı zamanda girişinde rehber vanaları (TRV) barındırmaktadırlar. Manzares'deki ilk çalışmalarda Schwarz ve arkadalaşları yatay eksenli tekli rotor kullanmalarına [7] karşın Gannon ve Von Backstrom [8-10] tekli yatay eksenli rotor için kılavuz vanalarını türbin girişlerinde kullanmıştır. Bir çok analitik model bu sistemler üzerinde kurulmuş olup 4 türbin modeli için şematik diyagram Şekil 6 da gösterilmiştir.



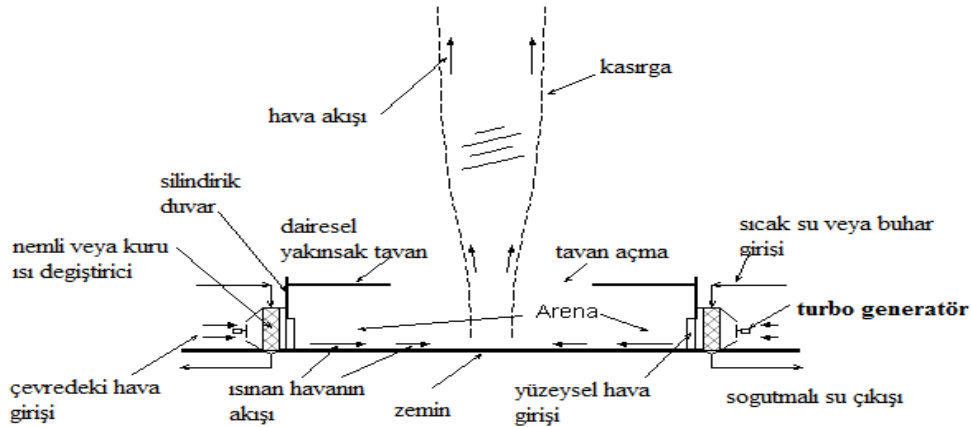
Şekil 6. TRV'li ve TRV'siz a) tekli rotor ve b) ters yönlü türbin rotorlarının şematik diyagramı [2]

Güneş bacalarında mekanik enerjinin kaynağının hava olmasından dolayı basınç kademeli rüzgar türbinleri kullanıldığını söylemiştik. Burada oluşan mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşümünde turbo generatörler veya çift beslemeli indüksiyon generatörleri olmak üzere iki çeşit generatör kullanılabilir.

Turbo generatör, elektrik enerjisinin üretimi için bir türbin bileşiminin bir elektrik generatörüne doğrudan bağlanmış halidir. Güneş bacalarında da bir hidroelektrik santraline benzer basınç kademeli rüzgar turbo generatörü ile mekanik enerjiden elektrik enerjisi elde edilir

Dikey güneş bacalarında, güneş kollektörlerinin çevresinden giren hava, güneş bacasının merkezinde yer alan türbini statik basınçla döndürür. Güneş bacasının merkezinde yer alan turbo generatör, türbinin dönüş hareketinden kazanılan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir. Burada turbo generatör şebeke ara yüzünde yatay ile dikey arasında yer alan geçiş bölümündedir.

Yatay güneş bacalarında, güneş kollektörlerinin çevresinden ısınan hava, sanal güneş bacasından çıkarken statik basınçla sanal baca etrafında yer alan türbinleri döndürür. Bu hareket türbinin bağlı olduğu turbo generatörlerin hareket enerjisini elektrik enerjisine çevirmesini sağlar (Şekil 7).



Şekil 7. Yatay güneş bacasındaki generatör yeri [6].

3. Sonuç

Enerji ihtiyacının karşılamada kullanılan fosil yakıtların çevreye verdiği zararlarla birlikte tükenecek olması tüm dünyada yeni enerji kaynakları arayışına neden olmuş ve bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır. Bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş; yaşamın doğal döngüsünün temel parametrelerinden olmakla birlikte çok çeşitli uygulama alanlarıyla öne çıkmakta ve bu konuda yeni çalışmalar devam etmektedir. Tüm bu gelişmeler ile beraber güneş bacalarının sayısı da gün geçtikçe artmaktadır.

Bu çalışma da ise güneş enerjisinden elektrik elde etme yöntemlerinden bir tanesi olan güneş bacası güç santralleri sistemlerinde kullanılan rüzgar türbinlerinin karşılaştırılmalı analizleri ele alınmış türbinler üzerinde durularak güneş bacası güç santrallerinde kullanılan generatör yapıları paylaşılmıştır.

Güneş bacası güç santrallerinin yaygınlaşması ile birlikte fosil yakıtlara olan ihtiyacın azaltılması, çevresel ve ekonomik açıdan katkılar sağlanması bu tür güç santralleri ile yeni nesilde hızla gelişen çalışmalarla hedeflenmektedir.

4. Kaynaklar

- [1] Koyun, A., Güneş bacası ile enerji üretiminin incelenmesi, Doktora Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2006
- [2] Xinping Z., Fang W., Reccab M. Ochieng A review of solar chimney power technology. Renewable and sustainable energy reviews, 201014 (2010) 2315–2338
- [3] ‘T.W. von Backström , A.J. Gannon ‘‘Solar chimney turbine characteristics’’ Received 17 January 2003; received in revised form 5 August 2003; accepted 7 August 2003
- [4] Schlaich J. The solar chimney: electricity from the sun. Stuttgart, Germany: A. Menges; 1995.
- [5] Kara, Ö., Özdamar A., Özbalta, N., Yükselen Hava Akımlı Rüzgar Türbinleri, II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir, 230-235 (2003)
- [6] Louis M. Michaud, P. Eng. AVEtec Energy Corporation, Sarnia, Ontario, Canada , ‘The Atmospheric Vortex Engine’ TIC-STH 2009
- [7] Schwarz G, Knauss H. Aerodynamic design of the solar chimney power plant in Manzanares , Technical report, Institut fur Aerodynamik, Unversitat Stuttgart; 1981.
- [8] Von Backstrom TW, Gannon AJ. Solar chimney turbine characteristics. Solar Energy 2004;76:235–41.
- [9] Gannon AJ. Solar chimney turbine performance. Ph.D. thesis. South Africa: University of Stellenbosch; 2002.
- [10] Gannon AJ, von Backstrom TW. Solar chimney turbine part 1 of 2: design. In: International solar energy conference. 2002. p. 335–41.