

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**(DOKTORA TEZİ)**

**DİK VE EĞİMLİ GÜNEŞ BACASI SİSTEMLERİNİN**  
**TEORİK OLARAK İNCELENMESİ**

**Mete Neptun**

**Güneş Enerjisi Anabilim Dalı**

**Bilim dalı Kodu: 31-625.05.01**

**Sunuş Tarihi: 05.01.2009**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin ÇOLAK**

**Bornova-İZMİR**



**Mete NEPTUN** tarafından **DOKTORA TEZİ** olarak sunulan “**DİK VE EĞİMLİ GÜNEŞ BACASI SİSTEMLERİNİN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ**” başlıklı bu çalışma, E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve **05/01/2009** tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday **oybirliği /oyçokluğu** ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı : Prof. Dr. Metin ÇOLAK** .....

**Raportör Üye : Prof. Dr. Barış ÖZERDEM** .....

**Üye : Prof. Dr. Sıddık İÇLİ** .....

**Üye : Yard. Doç. Dr. Fikret OKUTUCU** .....

**Üye : Prof. Dr. Haldun KARACA** .....



**ÖZET****DİK VE EĞİMLİ GÜNEŞ BACASI SİSTEMLERİNİN  
TEORİK OLARAK İNCELENMESİ****Mete NEPTUN**

Doktora Tezi, Güneş Enerjisi Enstitüsü

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Metin Çolak

Ocak 2009, 99 sayfa

**Güneş bacasını** oluşturan dört ana bölümden üçü, **cam kolektör (sera), baca ve rüzgar türbini (yel değirmeni)** aslında insanlar tarafından uzun zamanlardan beri bilinen ve kullanılan araç ve tesislerdir. 1930lu yıllarda ilk kez ortaya çıkarılan **güneş bacası** fikri 1982 yılında Almanya'nın Stuttgart kentindeki Prof. Dr. **Jörg Schlaich** tarafından İspanya'nın Manzanares yöresinde gerçekleştirildi. 7 yıl 50 kW bir maksimum güç ile çalışan bu tesis 1989 yılında bir fırtınada yıkıldıktan sonraki yıllarda günümüze kadar **güneş bacası** ile ilgili bazı sorunlar yenilememiştir. Prof. **Schlaich**'ın 2005 yılında Avustralya'da yapmayı tasarladığı devasa **güneş bacası** sorunların hala giderilememesi nedeni ile henüz gerçekleştirilememiştir. Bu çalışmada, büyük tesislerde boyutları ve maliyeti artan, teknik ve finansal sorunlar getiren bacanın bir dağa yaslanarak maliyetinin düşürülmesi ve güvenilirliğinin artırılması hedeflenmiştir. Bu oluşum içeriğinde, dağın eteklerine yerleştirilen ve sektörlere ayrılan kolektörün de eğimli olması, ısınan havanın bacaya yönlendirilmesini güçlendirmiştir. Düz alana kurulan sektörsüz kolektörlerde türbülansa ve kayıplara neden olan çevre rüzgarlarının, sektörler sayesinde bacaya yönlendirilmesi ve akışkan hızına olumlu katkıda bulunması

## VI

sağlanmıştır. Dikey bacalarda türbin sayısı sınırlı kaldığından rotor çapları çok büyük boyutlara ulaşırken, eğimli bacalı sistemde öngörülen 5 sektörün her birinin baca çıkışına birden fazla turbogeneratör yerleştirilerek türbin sayısının artırılması ve böylece rotor çaplarının gerçekleştirilebilir seviyelere düşürülmesi mümkün olmuştur. Böylece baca maliyeti azaltılmış, güvenliği artırılmıştır. Tez içeriğindeki simulasyon programı, her tür ve boyuttaki güneş bacası verilerini belirleyerek teknik ve finansal sonuçları hesaplayabilmektedir. Tez içeriğinde, belirtilen sorunların giderilmesi ile ilgili fikirler geliştirilmiş, verimi artırma, maliyeti düşürme ve **güneş bacası**'nın güvenilir bir şekilde çalışabilmesi amacıyla gereken şartlar irdelenerek Türkiye coğrafi koşullarında en verimli olabilecek bir model sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** güneş bacası, Kolektör, Kule, Türbin, Generatör

**ABSTRACT**

THEORETICAL INVESTIGATIONS ON UPRIGHT  
AND INCLINED SOLAR CHIMNEYS

**Mete NEPTUN**

PhD Thesis, Solar Energy Institute

Supervisor : Prof. Dr. Metin Çolak

January 2009, 99 pages

**Solar Chimney** consists of four parts, three of these parts are; **Glass Collector (Greenhouse), Chimney and Wind Turbine (Wind Mill) in reality are known by humanity since centuries.** The idea of **Solar Chimney** was established in 1930s, and was first constructed in Manzares Spain in 1982 by Professor Dr. **Jörg Schlaich** from Stuttgart, Germany. This Solar Chimney has worked at 50 kW maximum capacity until destroyed by a storm in 1987. Since then, the problem of Solar Chimney could not have been overcome. Prof. **Schlaich**'s design of mega **solar chimney**, aimed to be constructed in 2005 at Australia, could not have been realized yet due to basic unresolved problems. In this study, technical and financial problems in mega designs, have been tried to be overcome by a novel design of lean against a mountain slope, which would enhance also the reliability of the Solar Chimney. In this design, inclined collector part, which is being divided into sectors, calculated to enhance the direction capacity of warmed air into the chimney. Solar Chimney on a flat area, in absence of divided sectors in collector parts, are predicted to cause turbulances which prevent the wind direction to chimney. Divided sectors are predicted to direct the wind onto the chimney and enhance the wind

## VIII

velocity. Number of turbines in perpendicular chimneys are in limited numbers and have large rotor diameters, whereas in inclined chimney system, that predicted to have five sectors and in each contain more than one turbine, creates the advantages high number of turbogenerators which smaller rotor diameters in construct able limits. Overall, chimney costs are lowered and reliability is increased. Simulation program in the thesis, capable of calculating of solar chimney technical and financial parameters in every type and dimation. In the contents of this thesis, models have been created and evaluated, in order to reach to low costs, high yields and reliability of the Solar Chimney system suitable for geographical conditions of Turkey.

**Keywords:** Solar Chimney, Collector, Tower, Turbine, Generator

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasındaki yardımları ve desteğinden dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Metin Çolak'a, yakın ilgisi ve desteğinden dolayı Sayın Prof. Dr. Sıddık İÇLİ'ye, Sayın Prof. Dr. Barış Özerdem'e Sayın Yard. Doç. Dr. Fikret Okutucu'ya ve Güneş Enerjisi Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|   |              |
|---|--------------|
| <b>ÖZET .....</b>                                       | <b>V</b>     |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                   | <b>VII</b>   |
| <b>TEŞEKKÜR .....</b>                                   | <b>IX</b>    |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ .....</b>                            | <b>XIV</b>   |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>                          | <b>XVI</b>   |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....</b>             | <b>XVIII</b> |
| <br>  |              |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                   | <b>1</b>     |
| <br>  |              |
| <b>2. ÖNCEKİ PROJELER VE ÇALIŞMALAR .....</b>           | <b>4</b>     |
| <br>  |              |
| <b>3. GÜNEŞ BACASININ BÖLÜMLERİNİN İNCELENMESİ.....</b> | <b>7</b>     |
| 3.1. Kolektör.....                                      | 7            |
| 3.2. Baca.....  | 12           |
| 3.3. Türbinler.....                                     | 14           |
| 3.4. Generatörler.....                                  | 17           |
| 3.5. Elektrik Tesisatı.....                             | 23           |
| <br>  |              |
| <b>4. ÖNGÖRÜLEN DEĞİŞİKLİKLER: .....</b>                | <b>25</b>    |
| 4.1 Eğimli Kolektör.....                                | 36           |

**İÇİNDEKİLER (Devamı)**

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2. Eğik Baca .....                       | 37        |
| 4.3. Kolektörün Sektörlere Ayrılması ..... | 39        |
| <b>5. MALİYET HESAPLARI .....</b>          | <b>41</b> |
| <b>6. SİMULASYON PROGRAMI.....</b>         | <b>44</b> |
| <b>7. SONUÇLAR.....</b>                    | <b>62</b> |
| <b>KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>              | <b>65</b> |
| <b>EKLER .....</b>                         | <b>67</b> |
| 9.1. Simulasyon Programı Yazılımı: .....   | 67        |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                      | <b>99</b> |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Şekil

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Şekil 1-1  | Güneş bacasındaki enerji akış diagramı .....                       | 3  |
| Şekil 2-1  | Isparta Üniversitesi'nde kurulan güneş bacası .....                | 5  |
| Şekil 2-2  | Manzanares güneş bacası .....                                      | 6  |
| Şekil 3-1  | Kolektördeki Enerji Dengeleri.....                                 | 7  |
| Şekil 3-2  | Çıkık kutuplu senkron generatör .....                              | 21 |
| Şekil 3-3  | Dolu kutuplu senkron generatör .....                               | 21 |
| Şekil 3-4  | Elektrik akış şeması .....   | 24 |
| Şekil 4-1  | Çıkış gücünün boyutlara göre değişimi .....                        | 28 |
| Şekil 4-2  | Havanın kaldırma kuvveti .....                                     | 30 |
| Şekil 4-3  | Manzanares'te ölçülen rüzgar hızları .....                         | 34 |
| Şekil 4-4  | Manzanares'te ölçülen çıkış güçleri .....                          | 35 |
| Şekil 4-5  | Eğik kolektörde yansımanın azaltılması.....                        | 37 |
| Şekil 4-6  | Beş sektörlü eğik kolektör ve eğik bacalı güneş bacası.....        | 38 |
| Şekil 4-7  | Eğik bacada akışkanın ve kaldırma kuvvetinin yön değiştirmesi..... | 39 |
| Şekil 6-1  | Simulasyon programında kullanılan teknik veriler .....             | 45 |
| Şekil 6-2  | Teknik veriler giriş sayfası .....                                 | 49 |
| Şekil 6-3  | Finansal veriler giriş sayfası.....                                | 50 |
| Şekil 6-4  | Teknik sonuçlar sayfası .....                                      | 51 |
| Şekil 6-5  | Finansal sonuçlar sayfası.....                                     | 52 |
| Şekil 6.6. | Baca eğim açısı $\alpha = 10^\circ$ 'de çıkış gücü.....            | 53 |
| Şekil 6.7. | Baca eğim açısı $\alpha = 20^\circ$ 'de çıkış gücü.....            | 54 |
| Şekil 6.8. | Baca eğim açısı $\alpha = 30^\circ$ 'de çıkış gücü.....            | 55 |
| Şekil 6.9. | Baca eğim açısı $\alpha = 40^\circ$ 'de çıkış gücü.....            | 56 |

**ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)**

|  |    |
|--|----|
| Şekil 6.10. Baca eğim açısı $\alpha = 50^{\circ}$ 'de çıkış gücü ..... | 57 |
| Şekil 6.11. Baca eğim açısı $\alpha = 60^{\circ}$ 'de çıkış gücü ..... | 58 |
| Şekil 6.12. Baca eğim açısı $\alpha = 70^{\circ}$ 'de çıkış gücü ..... | 59 |
| Şekil 6.13. Baca eğim açısı $\alpha = 80^{\circ}$ 'de çıkış gücü ..... | 60 |
| Şekil 6.14. Dik bacada çıkış gücü .....                                | 61 |
| Şekil 7-1 Eğimli baca girişinde türbinlerin yerleştirilmesi.....       | 63 |

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

|  |    |
|--|----|
| Tablo 2-1 Manzanares projesinin teknik verileri .....                  | 6  |
| Tablo 4-1 Çıkış gücü ve verim.....                                     | 26 |
| Tablo 4-2 Çıkış gücünün boyutlara göre değişimi .....                  | 28 |
| Tablo 4-3 Havanın kaldırma kuvveti.....                                | 30 |
| Tablo 4-4 Hava basıncı/yükseklik ilişkisi .....                        | 33 |
| Tablo 4-5 Rüzgarın hızı ve içerdiği güç [ $W/m^2$ ].....               | 36 |
| Tablo 5.1. Baca maliyeti.....  | 42 |
| Tablo 5.2. İnşaat maliyeti .....                                       | 42 |
| Tablo 5.3. Yıllık giderler ve kWh maliyeti .....                       | 43 |
| Tablo 6.1. $\alpha = 10^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 53 |
| Tablo 6.2. $\alpha = 20^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 54 |
| Tablo 6.3. $\alpha = 30^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 55 |
| Tablo 6.4. $\alpha = 40^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 56 |
| Tablo 6.5. $\alpha = 10^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 57 |
| Tablo 6.6. $\alpha = 10^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 58 |
| Tablo 6.7. $\alpha = 10^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 59 |
| Tablo 6.8. $\alpha = 10^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 60 |
| Tablo 6.9. $\alpha = 10^\circ$ lik baca eğim açısında çıkış gücü ..... | 61 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simge</u>   | <u>Acıklama</u>   |
|----------------|---|
| $\alpha$       | Yüzey Geçirme Katsayısı                                   |
| $\beta$        | Genleşme Katsayısı  |
| $\varepsilon$  | Yüzey Yayma Katsayısı                                     |
| $\eta$         | Verim   |
| $\rho$         | Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )                             |
| $\sigma$       | Stephan-Boltzman Sabiti (Wm <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ) |
| $\tau$         | Geçirgenlik   |
| $\nu$          | Kinematik Viskozite (m <sup>2</sup> /s)                   |
| A              | Alan (m <sup>2</sup> )                                    |
| $c_p$          | Özgül Isı (J/kgK)   |
| D              | Çap (m)   |
| d              | İzolasyon Kalınlığı (m)                                   |
| F'             | Kolektör Verim Faktörü                                    |
| F''            | Kolektör Akış Faktörü                                     |
| F <sub>R</sub> | Toplayıcı Isı Kayıp Faktörü                               |
| g              | Yerçekimi ivmesi (m <sup>2</sup> /s)                      |
| Gr             | Grashof Sayısı  |
| H              | Yükseklik (m)   |
| h              | Isı Transfer Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)               |
| h <sub>w</sub> | Isı Taşınım Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)                |
| I              | Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )                         |
| k              | Isı İletkenliği (W/mK)                                    |
| L              | Kolektör uzunluğu (m)                                     |

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)**

| <b><u>Simge</u></b> | <b><u>Acıklama</u></b>                      |
|---------------------|---|
| m                   | Kütlesel Debi (kg/s)                        |
| Nu                  | Nusselts Sayısı                             |
| P                   | Güç (W)                                     |
| Pr                  | Prandtl Sayısı                              |
| Q                   | Işınım gücü (W/m <sup>2</sup> )             |
| qu                  | Kullanılabilen Isı (Ws/m <sup>2</sup> )     |
| Ra                  | Rayleigh Sayısı                             |
| S                   | yutulan ışınım miktarı (W <sup>2</sup> )    |
| T                   | Sıcaklık (K)                                |
| U                   | Isı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K) |
| V                   | Hız (m/s)                                   |

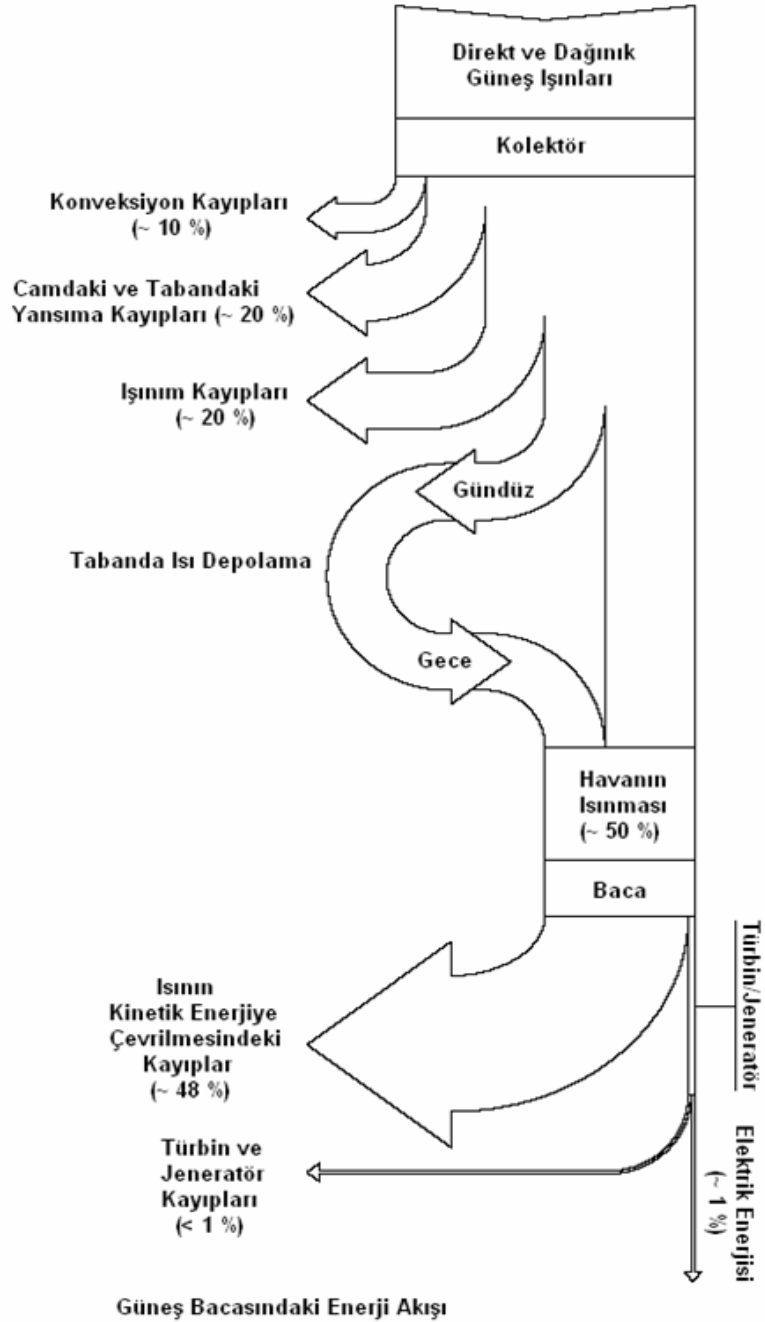
## 1. GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisinin hala kömür, petrol ve doğalgazdan üretiliyor olması çevreye zarar vermekte, ayrıca fosil kaynaklar giderek tükenmektedir. Gelişmekte olan birçok ülkenin gücü bu kaynakları temin etmeye yetmemektedir. Diğer taraftan zengin ülkeler de giderek azalan ve pahalılaştan fosil enerji kaynakları nedeniyle zarar görmektedirler. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının önemi bu nedenlerle gün geçtikçe artmaktadır. Bu kaynaklardan en önemlisi olan Güneş Enerjisinin anlamlı bir kullanımı kolay ve güvenilir olmalı, tesislerde soğutma suyu gereksinimi olmamalı, tükenmeyen yapı malzemeleri ile çevreye zarar vermeden inşa edilebilmeli, teknolojik açıdan az gelişmiş ve doğal kaynakları zayıf, ama güneşi bol olan ülkelerin kendi imkânları ile inşa edilebilmelidir. Temel olarak beton ve saydam malzemeler olmak üzere güneş bacaları için gereken yapı malzemeleri her yerde yeterli miktarda mevcuttur. Hem rüzgâr türbini hem de güneş kolektörleri iyi geliştirilmiş sanayi ürünleri olduğu için yüksek teknoloji bir imalat tesisine yatırım yapmaya hiç gerek olmaması özellikle önemlidir.

Güneş bacası bu şartların tümünü yerine getirmektedir. İlk kez 1930 lu yıllarda ortaya çıkan güneş bacası fikri aslında uzun zamandır bilinen ve kullanılan sera, baca ve yel değirmeni gibi geleneksel tesislere dayanmaktadır. Büyük bir alanı kapsayan cam kolektörün altında ısıtılan hava baca girişine doğru yönlenmekte, baca efektiyle birlikte hız kazanmakta ve kinetik enerjisinin bir kısmı baca girişindeki türbin(ler)de mekanik enerjiye ve generatör(ler) tarafından da elektrik enerjisine

dönüştürülmektedir. Kolektör hem doğrudan hem de dağınık ışınımı emebilir. Dolayısıyla, güneş bacası, hem havanın açık hem de kapalı olduğu günlerde çalışabilir. Enerji talebinin yüksek olduğu gündüz saatlerinde yüksek, talebin azaldığı gece saatlerinde ise daha düşük seviyede enerji üreten güneş bacaları bu bağlamda da olumlu özelliklere sahiptir, ancak verim katsayısının ve dolayısı ile kWh maliyetinin çok büyük tesislerde uygun seviyelere ulaşması ve büyük tesislerin gerek finansal ve gerekse yapısal sorunları birlikte getirmesi güneş bacalarının şimdiye kadar yaygınlaşamamasına neden olmuştur. Bu çalışmada bu dezavantajların kısmen giderilmesi veya azaltılması ile ilgili araştırmalar ve incelemeler yapılmıştır.

Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi güneş bacasının verim katsayısı % 1 civarında olup, planlanan çok büyük tesislerde dahi % 5 i aşamayacağı tahmin edilmektedir. Diğer enerji santrallerine göre düşük gibi görünen bu katsayının daha değişik bir açıdan incelenmesi gerekmektedir. Güneş bacasında sadece güneş ışınlarının kullanıldığı, birkaç kilometrekareyi kapsayan kolektör alanlarında Terrawatt düzeyinde enerji girişlerinin söz konusu olduğu göz önüne alınırsa % 5 lik bir katsayının aslında önemli bir kazanım olduğu ortaya çıkar. 1 kW/m<sup>2</sup> lik bir güneş ışınımı 1 km<sup>2</sup> de 1 Terrawatt düzeyinde bir enerji girişi oluşturmaktadır.



Şekil 1.1: Güneş bacasındaki enerji akış diagramı

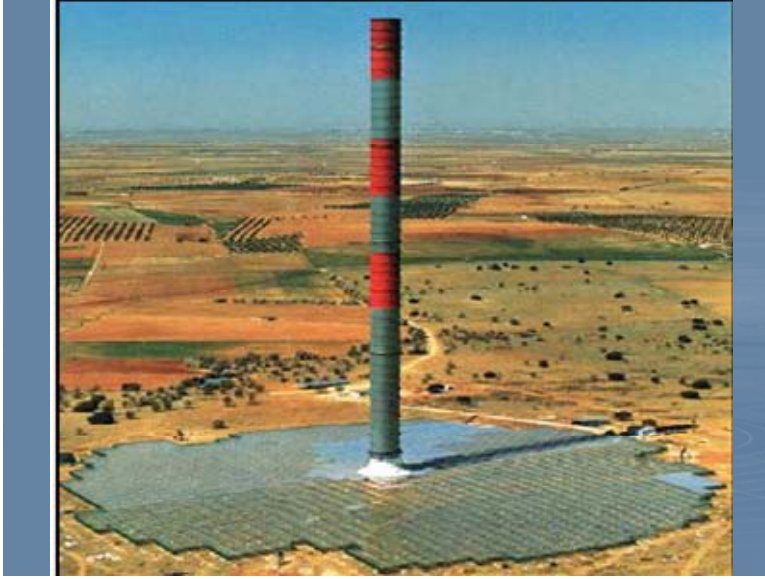
## 2. ÖNCEKİ PROJELER VE ÇALIŞMALAR

Güneş bacasının ilk prototipi 1980’li yıllarda Almanya’nın Stuttgart Üniversitesinden Prof. Dr. Jörg Schlaich tarafından İspanya’nın Manzanares bölgesinde inşa edilmiş ve test edilmiştir. 3 yıllık bir çalışma sürecinden sonra bu tesisin bacası bir fırtınada yıkılmış, bir daha onarılması mümkün olmamıştır. bundan sonra dünyanın değişik bölgelerinde, genellikle küçük çapta düşünülen projelerden beklenen sonuçlar elde edilememiştir. Manzanares tecrübesinden sonra geçen çeyrek asır boyunca güneş bacası üzerine birçok teorik çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan en önemlileri olarak Prof. Dr. Schlaich’ın “Das Aufwindkraftwerk” çalışması ve onun öğrencisi olan dos Santos ve Weinrebe’nin doktora tezleri, Texas Teknik Üniversitesinden Lodhi’nin helio-aero-gravity çalışması, Duffie ve Beckmann’ın “Solar Engineering of Thermal Processes” çalışması ve Koonsrisuk ve Chitsomboon’un “Dynamic similarity in solar chimney modeling” çalışmaları sayılabilir. Bu çalışmalarda yapılan hesapların ortak yönünü, kolektör altındaki ve bacanın iki ucu arasındaki sıcaklık farkının hesaplanması ve bu sıcaklık farkının akışkan hızına ve dolayısı ile kinetik enerjiye dönüştürülmesinin incelenmesi oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Güneş bacası üzerinde son 20 yılda yapılan hesaplar, simülasyonlar ve gerçekleşen projeler incelenmiş, verimin ve güvenilirliğin artırılması ve maliyetin düşürülmesi için önlemler tasarlanmıştır. Özer Kara 2002 yılında Ege Üniversitesi’nde, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi’ndeki bir projeye de baz oluşturan bir yüksek lisans çalışması yapmıştır.



**Şekil 2.1.** Isparta Üniversitesi'nde kurulan güneş bacası

2004 yılında Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi'nde gerçekleştirilen güneş bacası Projesinde 15 m yüksekliğinde ve 1,5 m çapında bir baca ve 15 m çapında bir kolektör kullanılmıştır. Bu proje yukarıda belirtilen ve sonraki sayfalarda daha ayrıntılı bir şekilde açıklanan nedenlerle sonuç vermemiş ve daha sonra sökülerek sonlandırılmıştır. Çin Halk Cumhuriyetinde gerçekleştirildiğinden bahsedilen daha küçük boyutlardaki bir projede de istenilen sonuç alınamamıştır.



Şekil 2.2. Manzanares güneş bacası

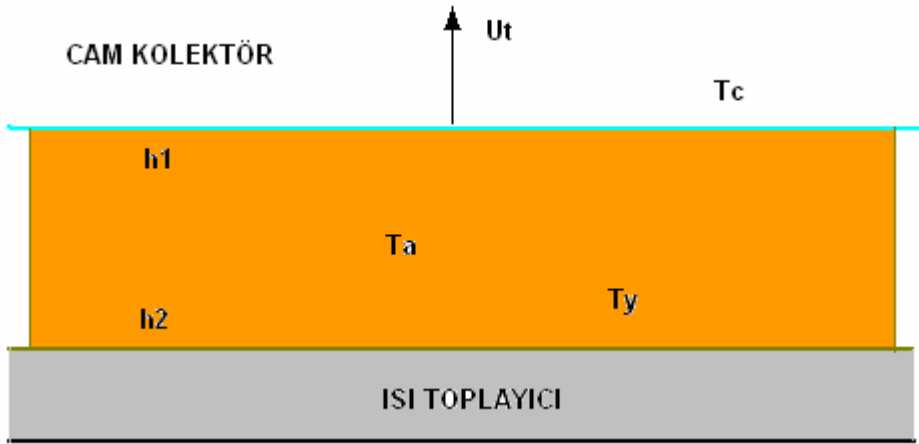
Tablo 2.1. Manzanares projesinin teknik verileri.

|                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Kule yüksekliği</b>                | <b>194,6 m</b>                   |
| <b>Kule yarıçapı</b>                  | <b>5,08 m</b>                    |
| <b>Kolektör yarıçapı</b>              | <b>122 m</b>                     |
| <b>Kolektör yüksekliği</b>            | <b>1,85 m</b>                    |
| <b>Türbin kürek sayısı</b>            | <b>4</b>                         |
| <b>Türbin kürek profili</b>           | <b>FX W-151-A</b>                |
| <b>Hız katsayısı</b>                  | <b>10</b>                        |
| <b>Şebeke çalışma şekli</b>           | <b>Şebekeye bağlı veya özgür</b> |
| <b>Kolektör tipik sıcaklık artışı</b> | <b>20 K</b>                      |
| <b>Nominal güç</b>                    | <b>50 kW</b>                     |
| <b>Kolektör alanı</b>                 | <b>40000 m<sup>2</sup></b>       |
| <b>Cam çatı alanı</b>                 | <b>6000 m<sup>2</sup></b>        |

### 3. GÜNEŞ BACASININ BÖLÜMLERİNİN İNCELENMESİ

#### 3.1. Kolektör

Kolektörün üç bölümü olan cam, toprak ve arada kalan hava için enerji dengesi denklemleri aşağıdaki gibidir (Duffie and Beckmann 1980).



Şekil 3.1. Kolektördeki Enerji Dengeleri

$$U_t(T_c - T_c) + h_r(T_y - T_c) + h_1(T_a - T_c) = 0 \quad (3-1)$$

$$S + U_b(T_c - T_y) + h_2(T_a - T_y) + h_r(T_c - T_y) = 0 \quad (3-2)$$

$$h_1(T_c - T_a) + h_2(T_y - T_a) = q_u \quad (3-3)$$

Yukarıdaki üç bilinmeyenli denklem sistemi  $(T_y - T_a)$  ve  $(T_c - T_a)$  için çözüldüğünde

$$(T_y - T_a) = \frac{S(U_t + h_r + h_1) - (T_a - T_\zeta)(U_t h_r + U_t U_b + U_b h_r + U_b h_1)}{(U_t + h_r + h_1)(U_b + h_2 + h_r) - h_r^2} \quad (3-4)$$

ve

$$(T_c - T_a) = \frac{h_r S - (T_a - T_\zeta)(U_t U_b + U_t h_2 + U_t h_r + U_b h_r)}{(U_t + h_r + h_1)(U_b + h_2 + h_r) - h_r^2} \quad (3-5)$$

elde edilir. (Duffie and Beckmann 1980).

Buradan yararlı ısı için

$$q_u = F' [S - U_L (T_a - T_\zeta)] \quad (3-6)$$

ortaya çıkar. Bu denklemdeki F'

$$F' = \frac{h_r h_1 + h_2 U_t + h_2 h_r + h_1 h_2}{(U_t + h_r + h_1)(U_b + h_2 + h_r) - h_r^2} \quad (3-7)$$

ve  $U_L$

$$U_L = \frac{(U_b + U_t)(h_1 h_2 + h_1 h_r + h_2 h_r) + U_b U_t (h_1 + h_2)}{h_1 h_r + h_2 U_t + h_2 h_r + h_1 h_2} \quad (3-8) \text{ dir.}$$

Isı transfer katsayıları olarak Rayleigh sayısı

$$Ra = \frac{g\beta' \Delta TL^3}{\nu\alpha} \quad (3-9)$$

Prandtl sayısı

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (3-10)$$

ve Nusselt sayısı

$$Nu = \frac{hL}{k} \quad (3-11)$$

Nusselt ve Rayleigh sayıları arasındaki ilişki

$$Nu = 1 + 1,44 \left[ 1 - \frac{1708}{Ra \cos \beta} \right]^+ \left( 1 - \frac{(\sin 1,8\beta)^{1,6} 1708}{Ra \cos \beta} \right) + \left[ \left( \frac{Ra \cos \beta}{5830} \right)^{1/3} - 1 \right]^+ \quad (3-12)$$

denklemleri ile belirlenir. Bu denklemler 0 - 75° arasındaki eğim açıları için geçerlidir (Duffie and Beckmann 1980)

Yararlı ısı denklemleri:

$$Q_u = A_{Kol} F_R [S - U_L (T_{Giriş} - T_{Çevre})] \quad (3-13)$$

$S = I(\tau\alpha)_c$  ise kolektör üst yüzeyi tarafından geçirilen ışın miktarıdır. Isı kayıp faktörü  $F_R$ :

$$F_R = \frac{\dot{m}c_p}{A_{böl}U_L} \left[ 1 - e^{-\left(\frac{A_{böl}U_L F'}{\dot{m}c_p}\right)} \right] \quad (3-14)$$

Burada  $F'$  kolektör yapısına göre değişen verim faktörüdür.

Kolektör akış faktörü  $F''$  ise:

$$F'' = \frac{\dot{m}c_p}{A_{böl}U_L F'} \left[ 1 - e^{-\left(\frac{A_{böl}U_L F'}{\dot{m}c_p}\right)} \right] \quad (3-15)$$

ile belirlenir. Sonuç olarak

$$F_R = F' \cdot F'' \quad (3-16)$$

Kolektördeki cam sıcaklığı için:

$$T_c = T_\zeta + \frac{I\alpha}{U_{c-\zeta}} \quad (3-17)$$

ve  $U_{c-\zeta}$  için de

$$U_{c-\zeta} = h_w + h_{r,c-\zeta} \quad (3-18)$$

geçerlidir. (Duffie and Beckmann 1980).

Burada  $h_w$  cam yüzeyden hava akışı ile ısı geçiş katsayısı ve  $h_{r,c-\zeta}$  ise camdan ışınmam ile geçiş katsayısıdır. Bu katsayıların hesabı için

$$h_w = 5,7 + 3,8V_r \quad \text{ve} \quad (3-19)$$

$$h_{r,c-\zeta} = \varepsilon_c \sigma (T_c^2 + T_\zeta^2) (T_c + T_\zeta) \quad (3-20)$$

formülleri geçerlidir.  $U_L$  ve  $F'$  böylece (3-21)

$$U_L = \frac{(U_b + U_t)(h_1 h_2 + h_1 h_{r,y-c} + h_2 h_{r,y-c}) + U_b U_t (h_1 + h_2)}{h_1 h_{r,y-c} + h_2 U_t + h_2 h_{r,y-c} + h_1 h_2} \quad (3-22)$$

$$F' = \frac{h_{r,y-c} h_1 + h_2 U_t + h_2 h_{r,y-c} + h_1 h_2}{(U_t + h_{r,y-c} + h_1)(U_b + h_2 + h_{r,y-c}) - h_{r,y-c}^2} \quad (3-23)$$

Burada:

$$h_{r,y-c} = \frac{\sigma (T_y^2 + T_c^2) (T_y + T_c)}{\left( \frac{1}{\varepsilon_y} \right) + \left( \frac{1}{\varepsilon_c} \right) - 1} \quad (3-24)$$

ve

$$U_t = \left( \frac{1}{h_1 + h_{r,y-c}} + \frac{1}{h_w + h_{r,c-\zeta}} \right)^{-1} \quad (3-25)$$

Kolektörün cam yüzeyi ile hava arasındaki ısı transfer katsayısı  $h_1$  ve toprak yüzey ile hava arasındaki katsayı  $h_2$  nin birbirine eşit olduğu kabul edilirse

$$h_1 = h_2 = \frac{Nu \cdot k}{L_{top}} \quad (3-26)$$

olur. Burada Nu, Nusselt sayısıdır ve Rayleigh katsayısının bir fonksiyonudur. (Duffie and Beckmann 1980).

$$Ra = \frac{g\beta\Delta TL_{top}^3}{\nu\alpha} \quad (3-27)$$

Kolektörün herhangi bir bölgesi için giriş ve çıkış hava sıcaklığı arasındaki bağlantı:

$$T_{a,çıkış} = T_{a,giriş} + \frac{Q_u}{\dot{m}c_p} \quad (3-28)$$

ile hesaplanabilir.

### 3.2. Baca

Duffie ve Beckmann 1980 çalışmasına göre baca girişindeki toplam basınç farkı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

Kolektörde toplanan ısı enerjisi baca girişinde kinetik enerjiye dönüşür. Baca girişi ile uç noktası arasındaki basınç farkı:

$$\Delta p_{toplam} = g \int_{h=0}^{h=H_{baca}} (\rho_{\zeta} - \rho_{baca}) dh \quad (3-29)$$

$$P_{total} = \Delta p_{total} V_{max\ baca} A_{baca} \quad (3-30)$$

Bacanın verimi:

$$\eta_{baca} = \frac{P_{toplam}}{Q_u} \quad (3-31)$$

Akışkan hızı için Toriçelli denklemi:

$$V_{baca,maks} = \sqrt{2gH_{baca} \frac{\Delta T}{T_{\zeta}}} \quad (3-32)$$

Buradan da baca verimi için:

$$\eta_{baca} = \frac{gH_{baca}}{c_p T_{\zeta}} \quad (3-33)$$

Toplam güç için:

$$P_{toplam} = \eta_{baca} Q_u = \frac{gH_{baca}}{c_p T_{\zeta}} \rho_{top} c_p V_{baca} \Delta T A_{baca} \quad (3-34)$$

bulunur. Toplam basınç farkı için ise:

$$\Delta P_{toplam} = \rho_{top} g H_{baca} \frac{\Delta T}{T_0} \quad (3-35)$$

### 3.3. Türbinler

Bu basınç farkı türbinlerde mekanik enerjiye dönüştürülür. Bir Güneş bacasının türbinleri açık havada çalışan rüzgar türbinleri gibi hız kademeli değil, etrafı çevrili bir rüzgar turbogeneratörü gibi basınç kademeli olarak çalışırlar. Bu türbinler açık havada çalışanlara göre 10 misli kadar daha fazla güç üretebilirler. Verimleri de daha yüksektir. Türbinin önündeki ve arkasındaki hava hızı aynıdır. Elde edilen güç hava hacmi ve türbindeki basınç farkı ile doğru orantılıdır. O nedenle bu çarpımın maksimize edilmesi gerekmektedir. Türbinler kanat ayarını değiştirerek basınç farkını bu nedenle aynı zamanda hava akım hızını da düzenlerler. Kanatlar hava akımına dik duruyorsa türbin dönmez, paralel duruyorsa tüm hava hızı kesmeden geçecek ve elektrik enerjisi elde edilmeyecektir. Bu iki ayar arasında optimal bir kanat açısı mevcuttur. Türbindeki basınç düşüşü tüm farkın % 80 ini buluyorsa enerji üretimi maksimal noktada demektir. Türbinlerde hava akımının kinetik enerji mekanik enerjiye dönüştürülür. Bu dönüşüm sırasındaki basınç azalması Bernoulli denklemine göre:

$$\Delta P_s = \Delta P_{toplam} - \frac{1}{2} \rho_{baca} V_{baca}^2 \quad (3-36)$$

$$P_{türbin,maks} = \frac{2}{3} \eta_{top} \eta_{baca} A_{top} I = \frac{2}{3} \eta_{top} \frac{g}{c_p T_0} H_{baca} A_{top} I \quad (3-37)$$

Güneş bacası tesislerinde türbinler, akışkandaki enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesinin yanında hava akışının regülasyonundan da sorumludurlar. Akışkandaki toplam enerji, kinetik ve mekanik enerji olmak üzere ikiye ayrılır. Mekanik enerji generatörlerde elektrik enerjisine dönüştürülür. Hava akımının türbinden geçerken uğradığı sıcaklık kaybı ihmal edilebilir boyuttadır.

$$\Delta p_{Türbin} = \Delta p_{Total} - \frac{1}{2} \rho w^2 \quad (3-38)$$

Türbindeki basınç azalması, tüm basınç farkının bir fonksiyonudur.

$$\Delta p_{Türbin} = x \Delta p_{Total} \quad (3-39)$$

x faktörü türbinin toplam basınç farkındaki payını ifade eder. Türbinde kullanılabilir basınç farkı böylece:

$$x \Delta p_{Türbin} = \Delta p_{Total} - \frac{1}{2} \rho w^2 \quad (3-40)$$

ve akışkan hızı olarak:

$$\frac{1}{2} \rho w^2 = (1-x) \Delta p_{Total} \quad (3-41)$$

$$\frac{1}{2} \rho w^2 = (1-x) \frac{1}{2} \rho w_{Total}^2 \quad (3-42)$$

$$w = w_{Total} \sqrt{1-x} \quad (3-43)$$

$$w = \sqrt{\frac{2}{\rho} (\Delta p_{Total} - \Delta p_{Sürtünme})} \quad (3-44)$$

$$w_{Total} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_{Total}} \quad (3-45)$$

elde edilir.

Teorik olarak türbinde elde edilebilecek güç:

$$P = \Delta p A w \eta_{Sistem} \quad (3-46)$$

$$P = \Delta p_{Total} A w \eta_{Sistem} x \sqrt{1-x} \quad (3-47)$$

ve bacanın verimi:

$$\eta_k = \frac{gH_t}{c_p T_0} \quad (3-48)$$

ve tüm sistem verimi olarak da:

$$\eta_{Sistem} = \eta_c \eta_k \eta_M \quad (3-49)$$

elde edilir.

$$\Delta P = \rho gH \quad (3-50)$$

Böylece akışkan hızının ve türbindeki enerji dönüşümünün belirlenmesinde en önemli faktör olan basınç farkı teorik olarak elde edilir.

### 3.4. Generatörler

Güneş bacası Tesislerinde kullanılacak türbin ve generatörler hakkında karar verilmeden önce Rüzgar Enerjisi Tesislerinde (RET) kullanılan türbin ve generatörlerin incelenmesinde fayda vardır. Rüzgar Enerjisi Tesislerinde kullanılan türbin ve generatörler diğer enerji tesislerindekiyle göre farklıdır. Bunun bir nedeni rüzgardan elde edilen mekanik enerjinin çok sık değişmesindedir. Bu tesislerde ilk yıllarda kullanılan DC-generatörler yerlerini giderek AC-generatörlere bırakmışlardır. Bu değişimin başlıca nedeni bu makinelerdeki fırça ve kolektörlerin aşınmaları ve arıza yapmalarıdır. Bunun dışında invertör teknolojisinin son yıllarda gösterdiği gelişme de önemli bir faktör oluşturmuştur. RET'lerde kullanılan generatör ve buna bağlı aksamalarda da son yıllarda büyük gelişmeler yaşanmıştır. Başlangıçta senkron generatörlere ağırlık verilmişse de invertör teknolojisinde yaşanan gelişmeler sayesinde ağırlık giderek asenkron generatörlere verilmiş, üretilen alternatif akım redresörler ile doğru akıma çevrilip invertörler ile tekrar istenilen düzeydeki alternatif akıma dönüştürülerek şebekeye beslenme tekniği tercih edilmeye başlanılmıştır. 100 kW'ın üzerindeki büyük RET'lerde 690 Volt trifaze gerilim üretilir. Bu gerilim kule içindeki veya yakınındaki bir transformatörde yerel şebekenin ihtiyacına göre 10 – 30 kV arasındaki bir gerilime yükseltilir. Generatörler hava veya su ile

soğutulur. Su ile soğutulan büyük generatörlerin verimi daha yüksektir. Senkron generatörler rotorları açısından dolu kutuplu makinalar ve çıkık kutuplu makinalar olmak üzere ikiye ayrılır. Dolu kutuplu makinalar daha çok yüksek devir sayılı türbin tesislerinde kullanılır. Bunların devir sayısı dakikada 1500 veya 3000 dür. Bu devir sayılarına rüzgar tesislerinde erişilemeyeceğinden rüzgar tesislerinde genelde çıkık kutuplu senkron makinalar kullanılır. Yavaş dönen türbinlere uyum sağlayabilmek için kutup sayısının artırılması gerektiğinden bu makinalara çok kutuplu senkron generatörleri adı verilir.

Rüzgar pervanesinin, pervane göbeğinden  $r$  uzaklıktaki bir kanat elamanının çevresel hızı  $V_{\varphi}$ ;  $\omega$  açısal hız ve  $n$  pervane milinin dakikadaki devir sayısı olmak üzere

$$V_{\varphi} = \omega r = \frac{\pi}{30} nr \quad (m/s) \quad (3-51)$$

bağıntısıyla verilmektedir. Pervane yarıçapı  $R$  olmak üzere  $\lambda$  devirlilik sayısı veya uç hız oranı;

$$\lambda = \frac{V_{\varphi}}{V_r} = \frac{\pi R}{30} \frac{n}{V_r} \quad (3-52)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Güç faktörü  $C_p$  ise  $P_p$  pervane milindeki gücün, pervane düzlemi öncesindeki rüzgarın kinetik enerjisinden kaynaklanan  $P_r$  gücüne oranı şeklinde tanımlanmaktadır;

$$C_p = \frac{P_p}{P_r} \quad (3-53)$$

Pervane düzlemi öncesinde  $R$  yarıçaplı çemberden geçen hava akımındaki kinetik enerjiden kaynaklanan güç;

$$P_r = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 V_r^3 \quad (Watt \Rightarrow Nm / s) \quad (3-54)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Önceki yıllarda yaygın olarak kullanılan DC Generatörleri yerlerini, AC generetörlere bırakmışlardır. Bunun nedenlerinden başlıcaları; DC makinalarda kullanılan kolektör ve fırçaların çok fazla arıza meydana getirmesi ve yarı iletken teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, AC'dan DC eldesinin çok kolaylaşması şeklinde açıklayabiliriz.

Rüzgar türbininden elde edilen mekanik enerjiyi, elektrik enerjisine çevirebilmek için; daimi mıknatıslı generatör, senkron generatör, endüksiyon (Asenkron) generatör ve doğru akım generatörü kullanılmaktadır. Bu makinalar elektro-magnetik etki ve tepki ilkesine (Endüksiyon prensibi) göre çalışmaktadırlar. Bundan dolayı, elektro-mekanik enerji dönüşümü tersinirdir. Aynı makine, motor olarak kullanıldığında elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirebilmekte veya tersine generatör olarak kullanıldığında ise mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirebilmektedir.

Küçük güç sistemlerinde, önceleri çok fazla kullanılmakta olan doğru akım generatörleri şimdilerde, yerlerini senkron ve asenkron

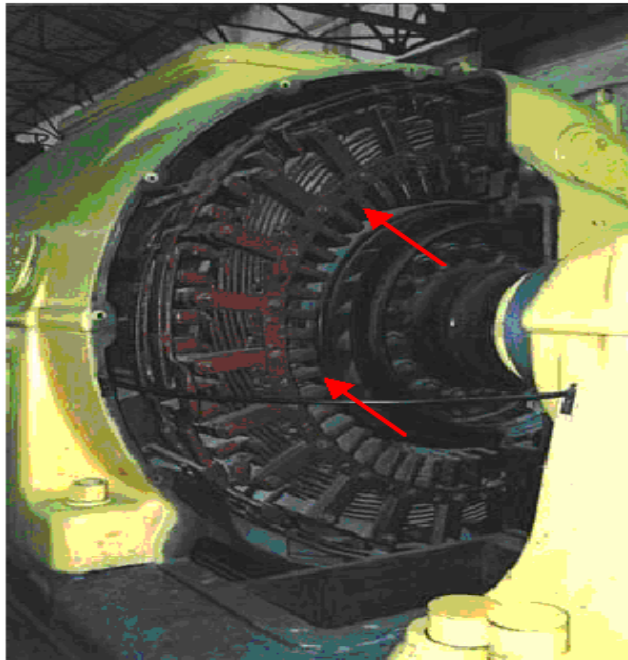
generatörler bırakılmaktadırlar. Bu generatörler, maliyeti düşük olan konverterler (Çevirici) yardımıyla kolayca doğru akıma dönüştürülebilen alternatif akım üretmektedirler. Senkron ve asenkron generatörler orta ve büyük güçlü enerji dönüşüm sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, en ucuz ve en güvenilir çözüm olarak endüksiyon generatörü görülmektedir. Bu generatörlerin bir çok avantajları vardır. Bunla;

- Tesisi ucuzdur,
- Şebekeye bağlantı kolaylığı vardır,
- Şebekeye bağlandıklarında salınımlar oluşmaz.

Dönen elektrik makinaları genel olarak; dış kısmında sabit olarak duran stator ve iç kısmında dönen rotordan meydana gelir. Rotor ile stator birbirlerine iki baştan rulmanlar ve kapaklar aracılığı ile yataklanmıştır. Ayrıca, rotor ve stator silindirik şekilde olup, magnetik geçirgenliği olan birer yüzleri yalıtılmış silisyumlu saçların preslenerek paketlenmesinden meydana gelmektedir. Endüksiyon elektro motor kuvvetinin elde edilmesini sağlayan iletkenler,gövdedeki oluklara yerleştirilir. Stator ve rotor birbirlerinden hava aralığı yardımıyla ayrılmışlardır. Generatörün gerilim endükleyebilmesi için öncelikle kutuplarda bir magnetik alan meydana getirilmelidir. Bu alan; ya dışarıdaki bir uyartım kaynağından, ya kendi artık mıknatısıyet gerilimi kullanılarak ya da permanent magnet olarak adlandırılan daimi mıknatıslardan sağlanır. Aşağıda senkron makinalara ait bazı örnekler görülmektedir.



Şekil 3.2. Çıkık Kutuplu Senkron Generatör



Şekil 3.3. Dolu kutuplu Senkron Generatör.

Dünyada kullanılmakta olan elektrik enerjisinin büyük bir kısmı endüksiyon makinaları tarafından tüketilmektedir. Bu yüzden asenkron makinalar yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Günümüzde elektrik enerjisi üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilgi giderek artmaktadır. Pek çok durumda kullanılan asenkron makinaları, generatör olarak rüzgar türbinleri veya hidrolik türbinleri tarafından tahrik edilmektedir. Endüksiyon generatörlerinin işletimi, kontrolü, bakımı kolay, yapısı sağlam, fiyatı ucuz olup şebekeye bağlanmalarında senkronizasyon problemleri yaşanmadığından, rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinde tercih edilmektedir.

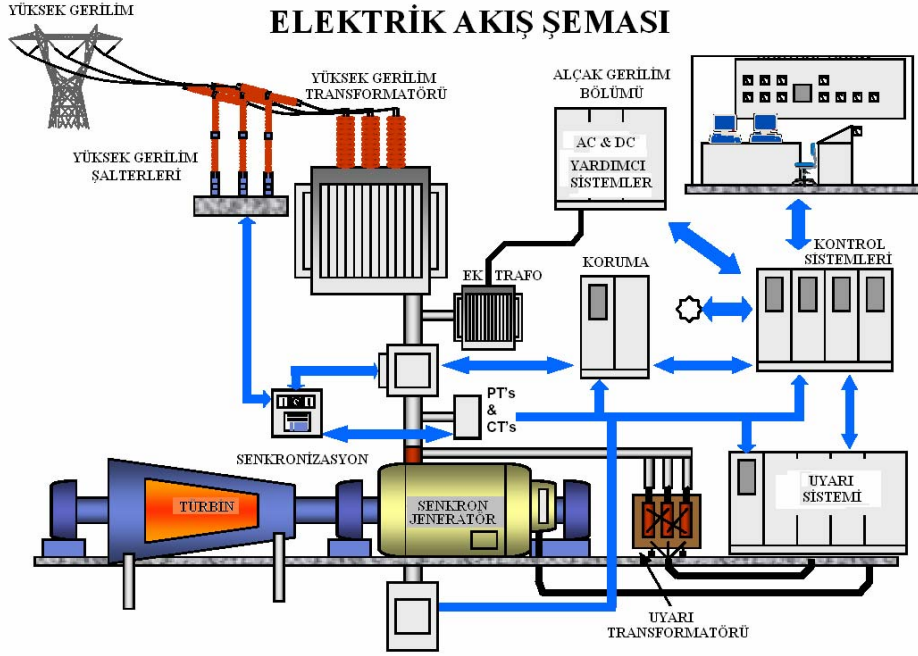
Asenkron generatörler son yıllarda rüzgâr enerjisi tesislerinde tercihan kullanılmaktadır. Özellikle çift taraflı beslenen asenkron generatörler bu tesislerde yaygın bir şekilde yer almaktadır. Bu generatörlerin en belirgin özelliği stator tarafının doğrudan şebekeye bağlı olması ve rotor tarafının ise bir frekans dönüştürücüsü üzerinden regule edilmesidir. Bu sistemin en büyük dezavantajı şebekedeki ve statordaki gerilim arasındaki farklardan dolayı oluşan sorunlar ile ilgilidir. Bu farkların % 10 u aşması halinde generatörün şebekeden ayrılması dahi gerekebilmektedir. Güneş Bacaları akışkan hızının daha stabil olması nedeni ile bu açıdan açık havadaki rüzgâr tesislerine göre daha avantajlı bir durumdadır. Buna rağmen rotor tarafındaki asimetrik gerilimlerin elektronik ortamda kompanze edilmesi gerekebilir.

Asenkron generatörler, bir elektrik şebekesine bağlı olarak çalışabildiği gibi otonom olarak da çalışabilmektedir. Şebekeye bağlı sistemlerde, uyarım akımı şebeke tarafından sağlanır. Bu durumda, şebekeden reaktif güç çekilerek endüksiyon generatörünün gerilimi ve

frekansı Şebeke tarafından belirlenir. Şebeke bağlantısız sistemlerde ise uyarım, asenkron generatörün rotoru eğer yeterli kalıcı mıknatısiyete sahipse, çıkış uçlarına uygun kondansatörler bağlanarak yapılır. Senkron hızın üzerindeki uygun devir sayısı ile başarılı bir çalışma gerçekleştirilir. Asenkron generatörün çıkış gerilimi ve frekansı rotor hızına, yüke ve kapasitenin değerine bağlıdır. Generatörün frekansı ve gerilimi eŐdeęer devredeki terimler aracılığı ile belirlenir.

### **3.5. Elektrik tesisatı**

AŞağıda güneş bacası tesisleri için geliştirilmiş bir elektrik tesisat Şeması görölmektedir: Güneş Bacalarında, açık arazideki rüzgar türbinlerinde olduğu gibi asenkron generatörler kullanılabilir, ancak güneş bacasındaki akışkan hızı açık havadakilere göre daha dengeli ve sabit olduğundan, senkron generatörlerin getirdiği avantajlardan yararlanmak mümkündür. Generatör çıkışındaki trifaze 6 kV'luk gerilim bir yandan uyarı ve kontrol sistemlerine gönderilirken, çıkış gücünün bir bölümü ek trafo üzerinden, tesiste kullanılmak üzere AC ve DC alçak gerilime dönüŐtürölür. Çıkış gücünün geri kalan bölümü yüksek gerilim transformatörleri ile yüksek gerilime dönüŐtüröldükten sonra Şebekeye beslenir.



Şekil 3.4. Elektrik Akış Şeması

#### 4. ÖNERİLEN DEĞİŞİKLİKLER

(Lodhi 1999) çalışmasında güneş bacasının verimini etkileyen değişkenlerin sayısı aza indirgenerek, sistemin çıkış gücünü en azından yaklaşık olarak hesaplayabilme imkanı sağlanmaktadır. Lodhi akışkan hızı ve basınç farkı için aşağıdaki sonuçlara varmıştır:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho_m v^2 \quad (4-1)$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho_m} \Delta p} \quad (4-2)$$

Bu denklemlerden hız için

$$v = \left[ 2 \left( \frac{\rho_t}{\rho_m} - 1 \right) g H_c \right]^{1/2} \quad (4-3)$$

$$P_R = \eta_R \frac{1}{2} \rho_m v^3 A_c, \quad (A_c = \frac{\pi \cdot^2}{2}) \quad (4-4)$$

**Tablo 4.1.** Çıkış Gücü ve Verim

| $r$ (m) | $R$ (m) | $H_c$ (m) | $P_R$ (MW) | $\eta$ (%) |
|---------|---------|-----------|------------|------------|
| 5       | 122     | 195       | 0.082      | 0.18       |
| 10      | 565     | 390       | 4.6        | 0.46       |
| 10      | 565     | 500       | 5.4        | 0.54       |
| 25      | 700     | 800       | 51.7       | 3.4        |
| 25      | 800     | 800       | 62.0       | 3.1        |
| 25      | 800     | 1000      | 84.1       | 4.2        |
| 25      | 800     | 1000      | 48.2       | 2.4        |
| 50      | 800     | 1000      | 132.1      | 6.6        |

Lodhi sonuç olarak çıkış gücünü kolektörün ve bacanın boyutlarına indirgemıştır:

$$P_i = 3.10^{-31} \left( \frac{L_{kol}^{15}}{H_{kol}^{12} R_{baca}^4} \right) \quad (4-5)$$

Bu denklemden yola çıkarak, L ve R boyutları nisbeten orantılı olarak büyümekte ve küçülmekte oldukları göz önüne alınmış ve değişken sayısı daha da azaltılmıştır. Şimdiye kadar gerçekleşen projelerde bu oran

$$\frac{L_{kol}}{R_{baca}} \approx 30 \quad (4-6)$$

civarındadır. Bu çalışmada öngörülen kolektör yaklaşık olarak bir yarım daire oluşturduğu için kare şeklindeki eşit alanlı bir kolektör ile karşılaştırıldığında

$$L^2 = \frac{1}{2} \pi R_{kol}^2 \quad (4-7)$$

ve

$$L = \sqrt{\frac{\pi}{2}} R_{kol} \quad (4-8)$$

oradan da

$$\frac{R_{kol}}{R_{baca}} \approx 16 \quad (4-9)$$

$$P_i = 8,87 \cdot 10^{-30} \left( \frac{R_{kol}^{15}}{H_{kol}^{12} R_{baca}^4} \right) \quad (4-10)$$

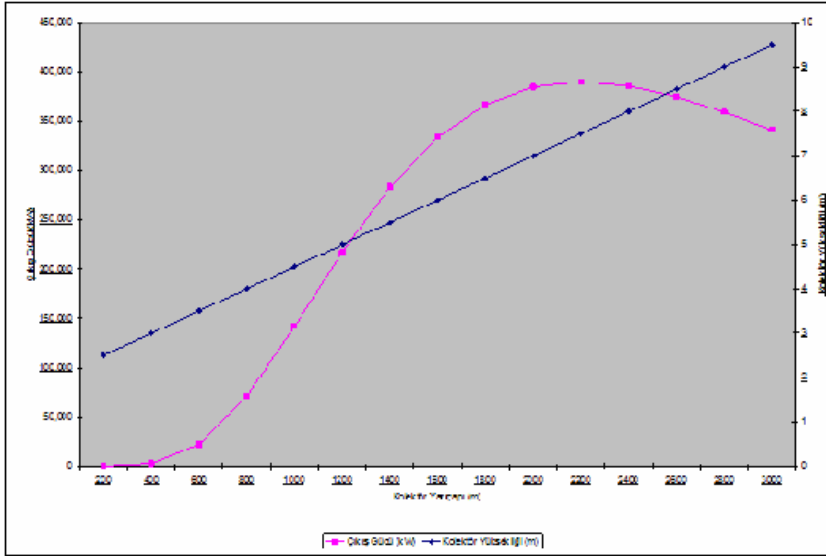
$R_{kol}$  yerine  $16R_{baca}$  konulduğunda elde edilebilecek maksimum elektrik gücü için:

$$P_i = 8,92 \cdot 10^{-19} \cdot R_{kol}^{11} \cdot H_{kol}^{-15} \quad (4-11)$$

Aşağıdaki grafikte kolektör yarıçapı 2400 metreye kadar büyütüldüğünde çıkış gücünün 400 MW a kadar yükseldiği daha sonra tekrar azaldığı görülmektedir. Burada kolektörün çatı yüksekliğinin sınırsız arttırılmaması gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Aksi takdirde hacmi giderek artan havanın ısıtılması için daha fazla enerji gerektiğinden çıkış gücü olumsuz etkilenmektedir.

**Tablo 4.2.** Çıkış Gücünün Boyutlara göre değişimi

| Kolektör Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (kW) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|
| 200                   | 20              | 2,5                     |
| 400                   | 2.607           | 3                       |
| 600                   | 22.336          | 3,5                     |
| 800                   | 71.360          | 4                       |
| 1000                  | 141.964         | 4,5                     |
| 1200                  | 217.174         | 5                       |
| 1400                  | 283.356         | 5,5                     |
| 1600                  | 333.746         | 6                       |
| 1800                  | 366.997         | 6,5                     |
| 2000                  | 384.790         | 7                       |
| 2200                  | 390.028         | 7,5                     |
| 2400                  | 385.779         | 8                       |
| 2600                  | 374.790         | 8,5                     |
| 2800                  | 359.307         | 9                       |
| 3000                  | 341.071         | 9,5                     |

**Şekil 4.1.** Çıkış Gücünün boyutlara göre değişimi

Kolektörden türbine ulaşan hava basıncı daha basit bir hesap ile de elde edilebilir:

Havanın özgül ağırlığı :

$$\rho = \frac{P}{R.T} \quad [\text{kg/m}^3] \quad (4-12)$$

Burada p atmosferik hava basıncı, R gaz sabiti ve T sıcaklık olarak,

$$p_0 = 101325 \text{ Pa} = 1013,25 \text{ mbar} = 1013,25 \text{ hPa ve}$$

$R = 287,05 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . değerlerindedir.

Buradan güneş kolektörünün altında oluşabilecek sıcaklıklardaki yoğunluk değerleri, yoğunluk farkından dolayı bir litre ( $\text{dm}^3$ ) havada oluşan dikey kaldırma kuvveti ve bu kuvvetin  $\alpha$  eğimi ile yükselen çatı düzeyindeki bileşeni  $F_e$

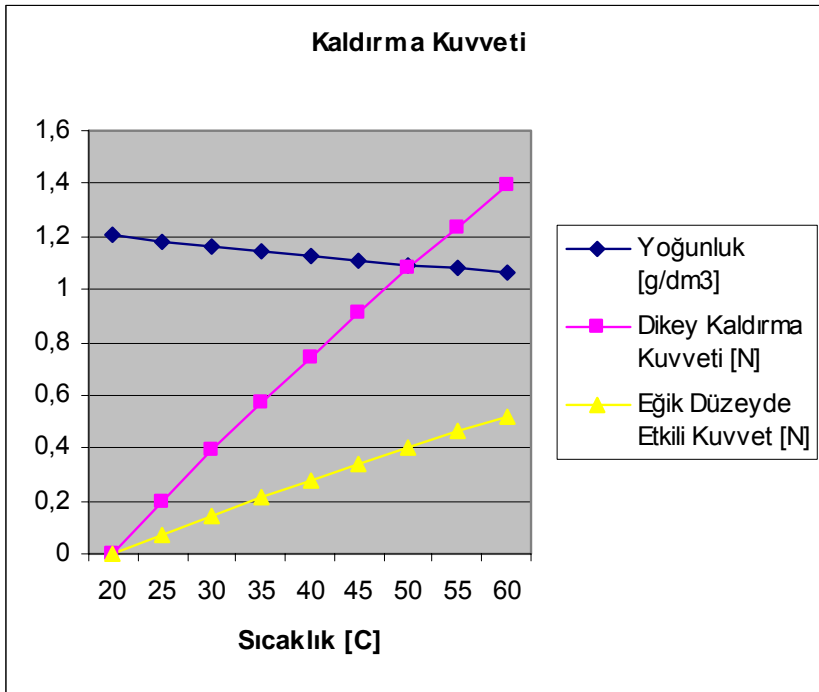
$$F_e = F_d \cdot \sin \alpha \quad (4-13)$$

aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.3 Havanın kaldırma kuvveti

| Sıcaklık [°C ] | Yoğunluk [g/dm <sup>3</sup> ] | Dikey Kaldırma Kuvveti [N] | Eğik Düzeyde Etkili Kuvvet [N] |
|----------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 20             | 1,204                         | 0                          | 0                              |
| 25             | 1,184                         | 0,1962                     | 0,073497755                    |
| 30             | 1,164                         | 0,3924                     | 0,146995509                    |
| 35             | 1,146                         | 0,56898                    | 0,213143488                    |
| 40             | 1,128                         | 0,74556                    | 0,279291468                    |
| 45             | 1,111                         | 0,91233                    | 0,341764559                    |
| 50             | 1,094                         | 1,0791                     | 0,40423765                     |
| 55             | 1,078                         | 1,23606                    | 0,463035854                    |
| 60             | 1,062                         | 1,39302                    | 0,521834058                    |

Aşağıda bu iki kuvvet hava sıcaklığına bağlı olarak görülmektedir.



Şekil 4.2. Havanın kaldırma kuvveti.

Cam kolektörün bir sektörünün hacmi:

$$V_{\text{sektör}} = A_{\text{kol}} h_{\text{kol}} \quad (4-14)$$

Alan bir yamuk olduğundan

$$A_{\text{kol}} = \frac{l_g + l_\varphi}{2} h \quad \text{ve} \quad (4-15)$$

$$V_{\text{sektör}} = \frac{l_g + l_\varphi}{2} h \cdot h_{\text{kol}} \quad (4-16)$$

Veriler yerine konulduğunda:

$$V_{\text{sektör}} = 525 m^3 = 5,25 \cdot 10^5 dm^3 \quad (4-17)$$

Çevre sıcaklığı  $20^\circ C$  ise,  $55^\circ C$  sıcaklığındaki bir litre havanın kaldırma gücü  $0,13 mN$  dir. Böylece bir kolektör sektöründeki akışkan kaldırma gücü toplam olarak:

$$F_{\text{kol}} = 0,13 mN \cdot 5,25 \cdot 10^5 dm^3 \quad (4-18)$$

$$F_{\text{kol}} = 68,25 N \quad \text{olur.} \quad (4-19)$$

Sürtünme kayıpları ihmal edilerek çatının  $\alpha$  derecelik eğimi göz önüne alındığında bacanın girişine akışkan tarafından

$$F_{kol / baca} = F_{kol} \cdot \sin \alpha \quad (4-20)$$

$$F_{kol / baca} = 68,25N \cdot \sin \alpha \quad (4-21)$$

düzeyinde bir kuvvet uygulanır. Baca girişinde kolektör tarafından sağlanan basınç farkı böylece:

$$P_{kol / baca} = F_{kol / baca} / A_{baca} \quad (4-22)$$

Bu basınç kurulacak testteki bacanın oluşturduğu basınca eklendiğinde tüm basınç farkı elde edilir.

$$\Delta P = \rho g H \quad (4-23)$$

(Lodhi 1999)

$$P_{ges} = \Delta P + P_{kol / baca} = \rho_{H_2O} g H + F_{kol / baca} / A_{baca} \quad (4-24)$$

Yükseklik/Basınç ilişkisi daha değişik metotlar ile de hesaplanır. Birincisi fizik kurallarından bilinen

$$\Delta p_0 = p_0 \left( 1 - e^{-\left( \frac{\rho_0 g h}{p_0} \right)} \right) \quad (4-25)$$

formülü ile 1000 metreye kadar hava basıncı ve değişimi aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.4. Hava basıncı/yükseklik ilişkisi

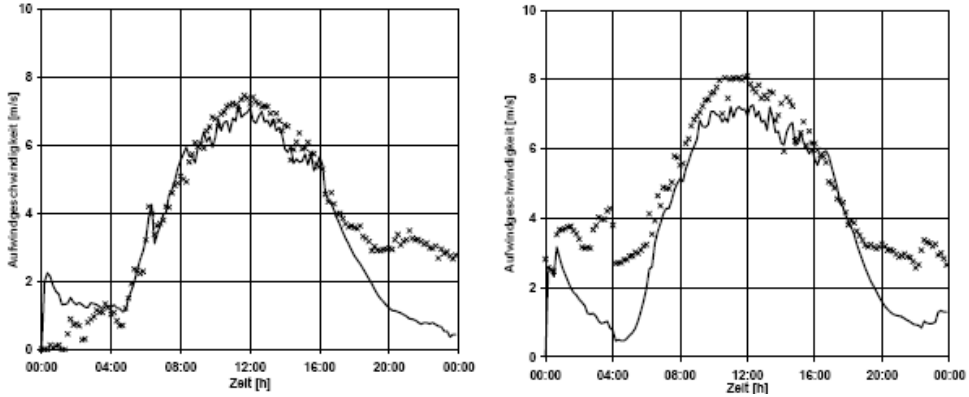
| H (m) | P (hPa) | $\Delta P$ (hPa) |
|-------|---------|------------------|
| 0     | 1013.25 | 0                |
| 50    | 1007.26 | 5.99             |
| 100   | 1001.3  | 11.95            |
| 150   | 995.38  | 17.87            |
| 200   | 989.5   | 23.75            |
| 250   | 983.65  | 29.6             |
| 300   | 977.83  | 35.42            |
| 350   | 972.05  | 41.2             |
| 400   | 966.31  | 46.94            |
| 450   | 960.59  | 52.66            |
| 500   | 954.91  | 58.34            |
| 550   | 949.27  | 63.98            |
| 600   | 943.65  | 69.6             |
| 650   | 938.08  | 75.17            |
| 700   | 932.53  | 80.72            |
| 750   | 927.02  | 86.23            |
| 800   | 921.54  | 91.71            |
| 850   | 916.09  | 97.16            |
| 900   | 910.67  | 102.58           |
| 950   | 905.29  | 107.96           |
| 1000  | 899.93  | 113.32           |

İkinci metot, hava sıcaklığının 1000 metrede yaklaşık 6,5 K düştüğü gerçeğine dayanan empirik formül de yaklaşık aynı sonuçları vermektedir:

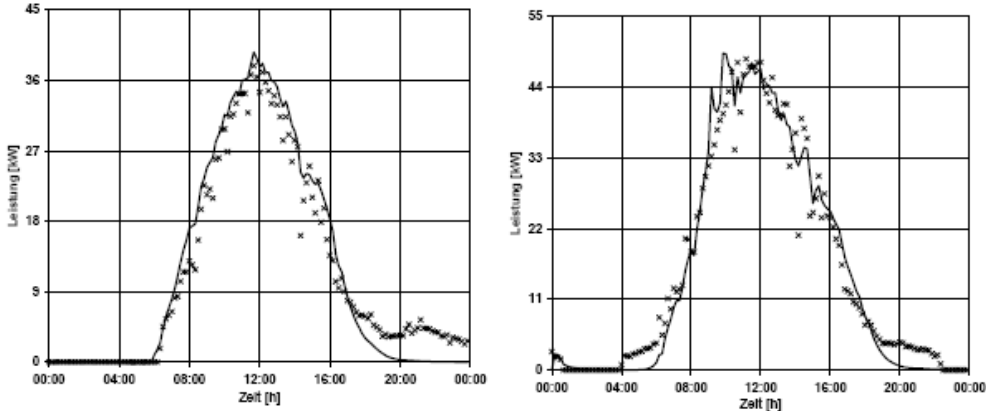
$$P_h = P_0 \left( 1 - 10^{-\left( \frac{h}{18400 + 67,528 * T_m} \right)} \right) \quad (4-26)$$

Böylece akışkan hızının ve türbindeki enerji dönüşümünün belirlenmesinde en önemli faktör olan basınç farkı teorik olarak elde edilir.

Bu basınç farkının neden olduğu akışkan hızı hesaplanırken dikkat edilmesi gereken husus akışkanın dikey olarak yukarıya doğru hareket etmek zorunda olduğu, bu arada üstteki hava tabakalarını baca sonuna kadar yukarıya çıkarması gerektiği ve burada bir kinetik enerji kaybına uğradığı gerçeğidir. Bir metreküp hava 1000 m yüksekliğindeki bir bacada 1 metre ilerleyebilmek için üstteki 1000 m<sup>3</sup> havayı kaldırmak zorundadır. Buna ilaveten baca çıkışındaki türbülanslar ve basınç artışı da ayrıca bir kinetik enerji kaybına malolmaktadır. Teorik hesaplar gerçek hızın % 75 kadar daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu konuda da son söz büyük boyutlu bir proje gerçekleştikten sonra söylenecektir. Şimdiye kadarki çalışmalarda akışkan hızı  $v$  için verilen formüller aslında yatay rüzgarlar için geçerlidir. Bu gerçek göz önüne alınmadığı içindir ki, Manzanares projesinde başlangıçta 200 kW olarak öngörülen çıkış gücü daha sonra 50 kW olarak düzeltilmiş, pratikte bu değere de ulaşamamıştır. Dos Santos 2003 çalışmasından alınan iki grafik bu gerçeği ortaya koymaktadır:



Şekil. 4.3. Manzanares'te ölçülen rüzgar hızları



Şekil 4.4:Manzanares'te ölçülen çıkış güçleri

Manzanares'te iki ayrı günde yapılan ölçümlerde saat 12 civarında günün en yüksek akışkan hızı olarak yaklaşık  $v = 8 \frac{m}{s}$  ölçülmüştür.

Aşağıdaki tabeleden görüldüğü gibi bu hızdaki hava akışında metrekare başına sadece 313,6 W lık bir güç bulunmaktadır. 10 metre çapındaki Manzanares bacasının kesidi yaklaşık  $78,5 \text{ m}^2$  dir. Akışkandaki toplam güç böylece 24,6 kW tır. Generatörden bu gücün en fazla yarısının çıktığı varsayıldığında çıkış gücü 12 kW civarında olacaktır. Yukarıdaki grafiklerde ise çıkış gücü 40 kW ve 45 kW olarak gösterilmektedir.

**Tablo 4.5.** Rüzgarın hızı ve içerdiği güç [ $W/m^2$ ].

| m/s | $W/m^2$ | m/s | $W/m^2$ | m/s | $W/m^2$ |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 0   | 0       | 8   | 313,6   | 16  | 2508,8  |
| 1   | 0,6     | 9   | 446,5   | 17  | 3009,2  |
| 2   | 4,9     | 10  | 612,5   | 18  | 3572,1  |
| 3   | 16,5    | 11  | 815,2   | 19  | 4201,1  |
| 4   | 39,2    | 12  | 1058,4  | 20  | 4900,0  |
| 5   | 76,5    | 13  | 1345,7  | 21  | 5672,4  |
| 6   | 132,3   | 14  | 1680,7  | 22  | 6521,9  |
| 7   | 210,1   | 15  | 2067,2  | 23  | 7452,3  |

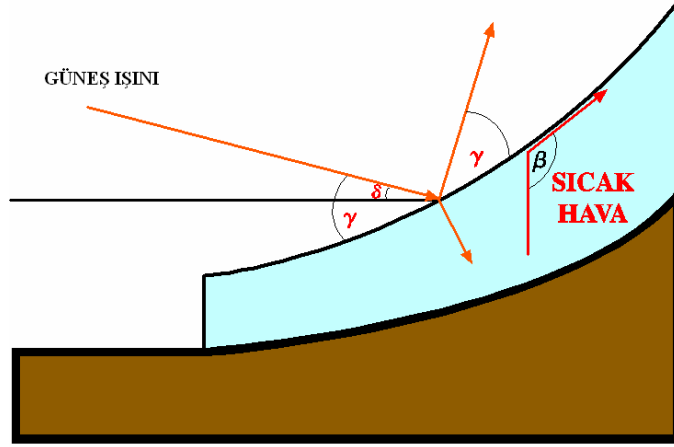
#### 4.1 Eğik Kolektör

Kolektörün aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibi uygun bir dağın eteklerine yerleştirilmesi ve sektörlere ayrılması birkaç avantajı birlikte getirmektedir. Şekil 6-1 de görüldüğü gibi

a) Bacanın uygun bir dağın yamacına yerleştirilmesi inşaat, emniyet, dayanıklılık ve sağlamlık açısından avantajları birlikte getirmektedir.

b) Kolektörün dağın eteklerinde eğimli bir düzende kurulması aşağıda görüldüğü gibi güneş ışınlarının daha uygun bir açıdan kolektöre girmesini ve yansıma kayıplarının azalmasını ve ayrıca

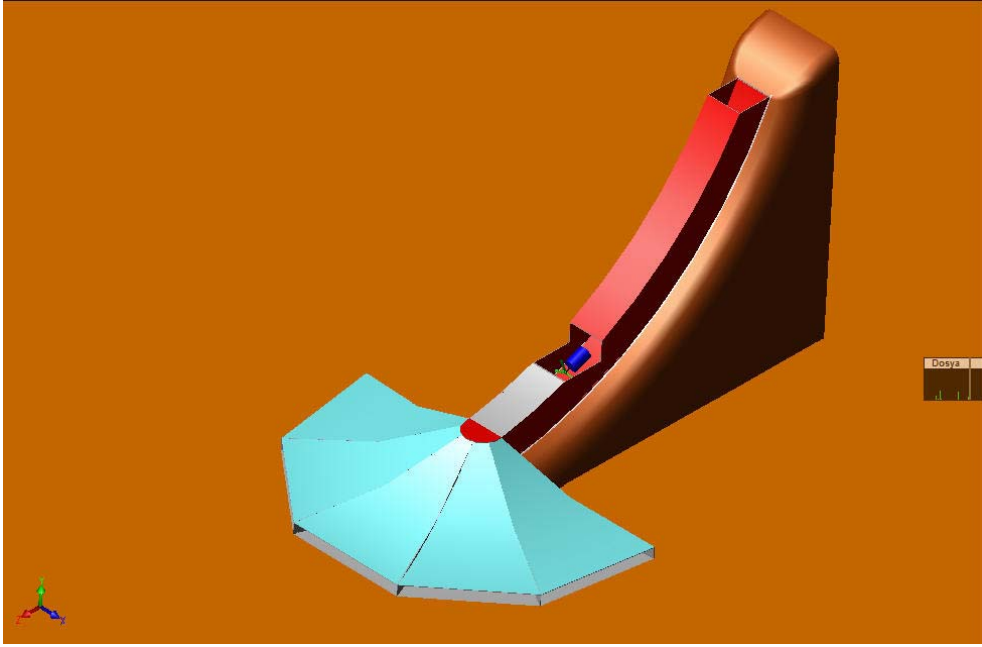
c) Yükselen havanın bacaya doğru yönelmesini sağlamaktadır.



Şekil 4.5.: Eğik kolektörde yansımının azaltılması

#### 4.2 Kolektörün sektörlere ayrılması:

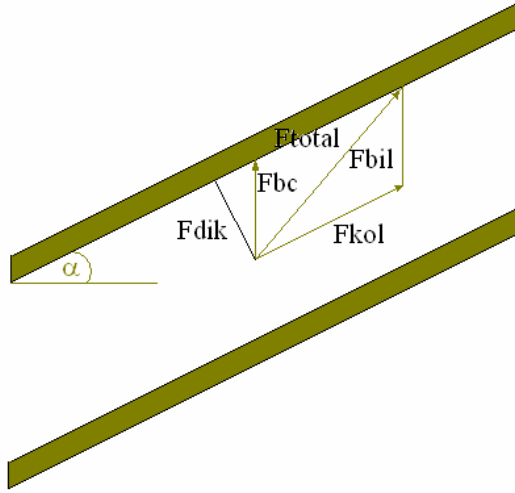
Bu çalışmada kolektörün dağın eteklerinde yaklaşık yarım dairesel bir biçimde yerleştirilmesi ve birbirinden duvarlar ile ayrılmış beş sektöre bölünmesi öngörülmüştür. Bu sayede çevrede rüzgarlarının yarattığı türbülans ve diğer kayıplar önlendiği gibi, bu rüzgarlar bacaya doğru yönlendirilerek basınç farkının ve dolayısı ile akışkan hızının artırılması sağlanmıştır. Ayrıca her sektöre bir veya birden fazla türbin yerleştirilerek türbinlerin aşırı boyutlara ulaşması önlenmiş, daha küçük boyutlu baca bölümleri oluşturularak inşaat maliyeti düşürülmüştür. Sektör sayısının beş olarak saptanmasındaki neden, yaklaşık  $35^\circ$  lik bir sektör açısının rüzgar yönlendirilmesinde daha etkili olduğunun ortaya çıkmasıdır.



**Şekil 4.6.** Beş Sektörlü Eğik Kolektör ve Eğik Bacalı Güneş Baca

Şekil 6.6’da kolektörün sektörlere bölünmesinin başka bir avantajı görülmektedir. Dikey kulelerde, örneğin Schlaich’in Avustralya’da planladığı tesiste, 200 m çapındaki kule içine yerleştirilen yaklaşık 60 m çapındaki türbinler büyük sorunlar yaratmaktadırlar. Yukarıdaki örnekteki türbin ve generatörler her sektörün çıkışına yerleştirildiği için gerek teknik ve gerekse maliyet açısından önemli kolaylıklar getirecektir.

### 4.3. Eğik baca:



**Şekil 4.72.** Eğik Bacada akışkanın ve kaldırma kuvvetinin yön değiştirmesi

Bir dağın güney yamacına yaslandırılan bir baca, eğim açısı dolayısı ile oluşan sürtünme ve yön değiştirme kayıpları karşısında çok önemli avantajlar sağlamaktadır. Bunlar sırası ile:

- 1) Fırtına ve deprem gibi doğal afetlere karşı dik bacadan daha güvenli olması,
- 2) İnşaatının dik bacaya göre daha kolay gerçekleştirilebilmesi,
- 3) Maliyetinin daha düşük olması,
- 4) Yan yana yerleştirilmiş sektörler sayesinde yüksekliğinin az, genişliğinin istenildiği kadar büyük olması
- 5) Sektör arası duvarların dış duvarlara göre daha ince ve düşük maliyetli olması
- 6) Bacanın yukarıya doğru uzatılabilmesi
- 7) Bacanın uzatılması esnasında yapılan ölçümler ile baca uzunluğu ile basınç farkı ve akışkan hızı arasındaki bağlantıların pratikte sınanabilmesi

olarak görülebilir.

Akışkan hızı için etken kuvvet, sürtünme kayıpları ihmal edildiğinde:

$$F_e = F_{bc} \cdot \sin \alpha \quad (4-27)$$

## 5. MALİYET HESAPLARI:

Güneş bacasının toplam inşaat maliyeti için (dos Santos 2003) çalışmasında aşağıdaki formül önerilmiştir:

$$K = a \frac{1}{4} \pi D_{kol}^2 + b \pi D_{baca} H + c P_0 \quad (5-1)$$

Burada:

a: Metrekare başına kolektör maliyeti (€/m<sup>2</sup> kolektör alanı)

b: Metrekare başına baca maliyeti (€/m<sup>2</sup> baca yüzey alanı)

c: Makine donatımı maliyeti (€/kW kurulu çıkış gücü)

Bu malzemelerin kolektörün bir metrekaresi başına gerekli olan miktarları aşağıda belirtilmiştir:

Çelik : 5,089 kg/m<sup>2</sup>

Cam : 1,340 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Beton : 0,001859 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Bu veriler ile kolektörün bir metrekaresi 9,85 €/ m<sup>2</sup>'ye mal olmaktadır. (Dos Santos 2003)

Avustralya'da yapılmasından vazgeçilen 1000 m yüksekliğindeki bacanın maliyeti için (Schlaich 1994) tarafından aşağıdaki formül önerilmiştir:

**Tablo 5.1.** Baca maliyeti

$$b = 3,539 \times 10^1 + 2,315 \times 10^{-1} H - 1,223 \times 10^{-1} D_t \text{ [€/m}^2\text{]}$$

| $H$<br>[m] | $D_t$<br>[m] | Alan<br>[m <sup>2</sup> ] | Baca maliyeti<br>[€/m <sup>2</sup> ] |
|------------|--------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 500        | 54           | 84800                     | 132                                  |
| 570        | 62           | 111000                    | 152                                  |
| 630        | 70           | 139000                    | 192                                  |
| 750        | 84           | 198000                    | 204                                  |
| 1000       | 130          | 408000                    | 248                                  |
| 1500       | 160          | 754000                    | 361                                  |

Makine ve tesisat giderlerinin tesis boyutları ile orantılı olduğu düşünüldüğünden, kurulu kW başına inşaat maliyeti için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

**Tablo 5.2.** İnşaat maliyeti

| Çıkış gücü<br>[MWe] | Baca çapı<br>[m] | Kolektör çapı<br>[m] | Baca yüks.<br>[m] | Akışkan hızı<br>[m/s] | Sıcaklık farkı<br>[K] | Kolektör verimi<br>[%] | İnşaat maliyeti<br>[10 <sup>3</sup> €/kWe] |
|---------------------|------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--|
| 5                   | 46               | 1600                 | 370               | 10,0                  | 33,7                  | 40,5                   | 5,21                                       |
| 30                  | 75               | 3130                 | 600               | 13,3                  | 35,1                  | 39,0                   | 3,32                                       |
| 100                 | 110              | 4950                 | 850               | 16,0                  | 36,2                  | 38,0                   | 2,47                                       |

3 değişik boyuttaki güneş bacası için yıllık giderler ve kWh maliyetleri nin tahmini değerleri aşağıda görülmektedir. (Dos Santos 2004)

**Tablo 5.3.** Yıllık giderler ve kWh maliyeti

|  |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Çıkış gücü (MW)                              | 5            | 30           | 100          |
| Yıllık faiz giderleri (10 <sup>6</sup> €)    | 328          | 1308         | 3444         |
| Yıllık işletme giderleri (10 <sup>6</sup> €) | 20           | 29           | 52           |
| Toplam maliyet (10 <sup>6</sup> €)           | 347          | 1337         | 3497         |
| Yıllık toplam giderler (10 <sup>6</sup> €)   | 31           | 119          | 311          |
| Yıllık toplam enerji üretimi (GWh)           | 360          | 2250         | 8430         |
| <b>Ortalama kWh maliyeti (€/kWh)</b>         | <b>0,086</b> | <b>0,053</b> | <b>0,037</b> |

Dik bacanın metrekaresi maliyeti, baca yüksekliği ile yaklaşık olarak orantılı bir şekilde artmaktadır. Planlanan 1000 metrelik bacanın maliyeti:

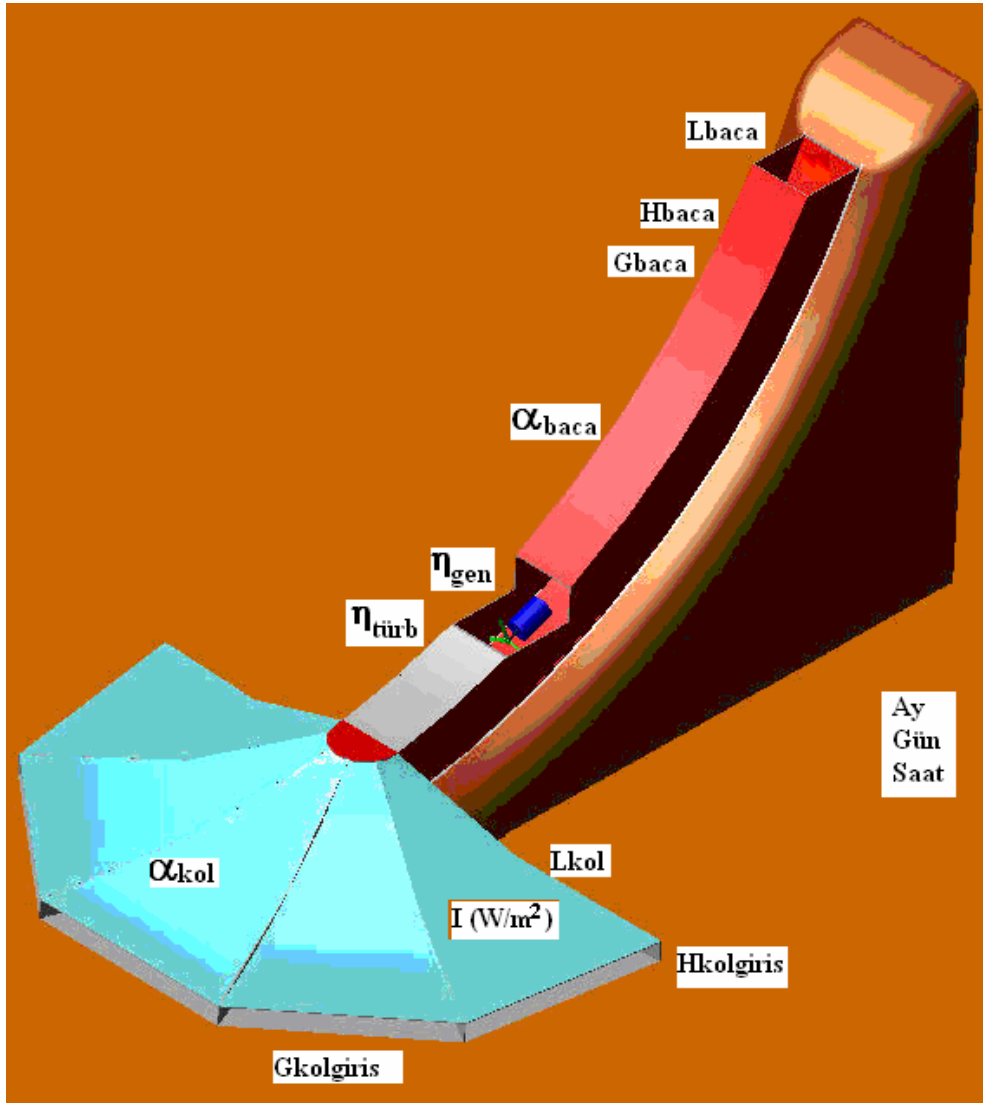
$$b = 408.000 \text{ m}^2 \times 248 \text{ €/m}^2 = \underline{\underline{101.184.000,- \text{ €}}}$$

Ayrıca 200 m çapındaki tek bir dik bacaya yerleştirilecek olan 6 türbinin çapları yaklaşık 60 m civarında olacaktır. Bu kesitten 500 MW çıkış gücü elde edebilmek için gereken yüksek rüzgar hızı türbin kanat uçlarının aşırı hızlara ulaşmasına neden olacaktır. Bu ve benzeri teknik ve finansal nedenlerden dolayı Avustralya projesi gerçekleşmemiştir.

Eğik bacanın Türkiye'deki maliyeti çok daha düşük seviyelerde olacaktır. Ayrıca türbin sayısı altı ile sınırlı kalmayıp her sektöre ikişer, üçer veya daha fazla sayıda türbin yerleştirilebilecektir. Yan yana yerleştirilecek kare şeklinde on, onbeş veya daha fazla sayıdaki alt baca bölümlerinin inşaatı daha kolay ve ucuz olacak, yanı sıra türbinlerin kanat yarıçapı daha alt seviyelere çekilebilecektir.

## 6. SİMULASYON PROGRAMI

Visual Basic program dilinde yapılan bu programda, bu çalışmada geliştirilen formüller kullanılmıştır. Programdaki formüller ve öngörülen veri tabanları daha önceki çalışmalara veya yeni bilgilere göre kolaylıkla değiştirilebilir. Maliyet hesaplarında henüz bilinmeyen veriler tahmini olarak yerleştirilmiş, bazıları bir proje gerçekleştirilinceye ve veriler netleşinceye kadar şimdilik boş bırakılmıştır. Teknik veriler ve finansal veriler sayfalarında NumericUpDown pencereleri kullanılmış, veri tabanının karakterine göre alt ve üst sınırlar konulmuştur. Program çalıştırıldığında ekranda önce teknik veriler, akabinde finansal veriler sorulmakta, öngörülen tüm ara sonuçlar ve (kWh maliyeti gibi) nihai sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Simulasyonda kullanılan teknik parametreler aşağıdaki şekil 6.1’de görülmektedir. Şekil 6.2 teknik verilerin, şekil 6.3. ise finansal verilerin sorgulandığı veri tabanlarını oluşturmaktadır. Şekil 6.4. te simulasyon programının hesapladığı teknik sonuçlar, şekil 6.5. te ise finansal sonuçlar görülmektedir.



Şekil 6.1. Simulasyon programında kullanılan teknik veriler

Program yazılımının teknik sonuçlar bölümünde aşağıdaki formüller kullanılmıştır:

Kolektör sektörlerinde hava akışının sabit kalabilmesi için sektör kesidinin değişmemesi gerekir. Bu nedenle sektör girişi ile baca girişi kesitlerinin birbirine eşit olması gerekir. Bacaya doğru ilerledikçe sektör genişliği azaldığından sektör yüksekliğinin artması gerekmektedir. Şekil 4.3 te görüldüğü gibi baca yüksekliği 8 metreyi aştığında çıkış gücü olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle baca girişinde türbin sayısının birden fazla olması, baca giriş yüksekliğini ve dolayısı ile ortalama sektör yüksekliğini de düşürmektedir. Böylece kare şeklindeki baca girişinin yüksekliği:

$$h_{baca} = \sqrt{\frac{h_{sek} * b_{sek}}{s_{tur}}} \quad (6.1)$$

Sektör alanı bir yamuktur:

$$A_{sek} = l_{baca} * (b_{sek} + s_{tur} * h_{baca}) / 2 \quad (6.2)$$

Kolektör alanı ise:

$$A_{kol} = A_{sek} * s_{sek} \quad (6.3)$$

Ortalama sektör yüksekliği:

$$h_{ortsek} = (h_{sek} + h_{baca}) / 2 \quad (6.4)$$

Sektör hacmi yaklaşık olarak:

$$V_{sek} \approx A_{sek} * h_{ortsek} \quad (6.5)$$

Kolektör hacmi:

$$V_{kol} \approx V_{sek} * s_{sek} \quad (6.6)$$

Baca hacmi:

$$V_{baca} = h_{baca}^2 * l_{baca} * \sin \alpha \quad (6.7)$$

Bacadaki akışkan hızı Toriçelli'ye göre:

$$v_{baca} = \sqrt{\frac{1}{2} g H_{baca}} \quad \text{ve} \quad (6.8)$$

$$v_{baca} = \sqrt{\frac{1}{2} g l_{baca} * \sin \alpha} \quad (6.9)$$

Kolektöre giren toplam ışınım gücü

(metrekare başına ışınım ortalama 800/m<sup>2</sup> alınmıştır):

$$Q = A_{kol} * 800W / m^2 \quad (6.10)$$

Bu akışkan hızının metrekare başına getirdiği güç:

$$P_{birim} = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (6.12)$$

Toplam güç:

$$P_{total} = P_{birim} * A_{kol} \quad (6.13)$$

Sistem verimi:

$$\eta = P_{total} / Q_{kol} \quad (6.14)$$

### Teknik Veriler

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Sektör giriş yüksekliği (m) | 0.00000 |
| Sektör giriş genişliği (m)  | 0.00000 |
| Sektör kenar uzunluğu (m)   | 0.00000 |
| Sektör sayısı               | 0.00000 |
| Sektör başına türbin sayısı | 0.00000 |
| Kolektör eğim açısı (o)     | 0.00000 |
| Baca uzunluğu (m)           | 0.00000 |
| Baca eğim açısı (o)         | 0.00000 |
| Türbin verim katsayısı      | 0.00000 |
| Generatör verim katsayısı   | 0.00000 |
| Coğrafi boylam              | 0.00000 |

Şekil 6.2. Teknik verilerin giriş sayfası.

### Finansal Veriler

|  |   |
|--|---|
| Cam fiyatı (YTL/m <sup>2</sup> )         | 0 |
| Çelik profil fiyatı (YTL/m)              | 0 |
| Beton birim fiyatı (YTL/m <sup>3</sup> ) | 0 |
| Arsa birim fiyatı (YTL/m <sup>2</sup> )  | 0 |
| Yıllık faiz oranı (%)                    | 0 |
| Türbin + montaj bedeli (YTL)             | 0 |
| Generatör + montaj bedeli (YTL)          | 0 |
| Elektrik tesisatı bedeli (YTL)           | 0 |
| İşletme binası bedeli (YTL)              | 0 |
| Yol bağlantıları bedeli (YTL)            | 0 |
| Mühendislik bedeli (YTL)                 | 0 |
| Vergiler (YTL)                           | 0 |
| Yıllık bakım bedeli (YTL)                | 0 |
| Diğer masraflar (YTL)                    | 0 |

Şekil 6.3. Finansal verilerin giriş sayfası

### Teknik Sonuçlar

|                                      |                      |
|--------------------------------------|----------------------|
| Sektör alanı (m <sup>2</sup> )       | <input type="text"/> |
| Kolektör alanı (m <sup>2</sup> )     | <input type="text"/> |
| Sektör hacmi (m <sup>3</sup> )       | <input type="text"/> |
| Kolektör hacmi (m <sup>3</sup> )     | <input type="text"/> |
| Baca hacmi (m <sup>3</sup> )         | <input type="text"/> |
| Baca rüzgar hızı (m/s)               | <input type="text"/> |
| Ort. ışınım gücü (W/m <sup>2</sup> ) | <input type="text"/> |
| Ort. çıkış gücü (MW)                 | <input type="text"/> |
| Sistem verim katsayısı               | <input type="text"/> |
| Baca yüksekliği                      | <input type="text"/> |

Şekil 6.4. Teknik sonuçlar sayfası

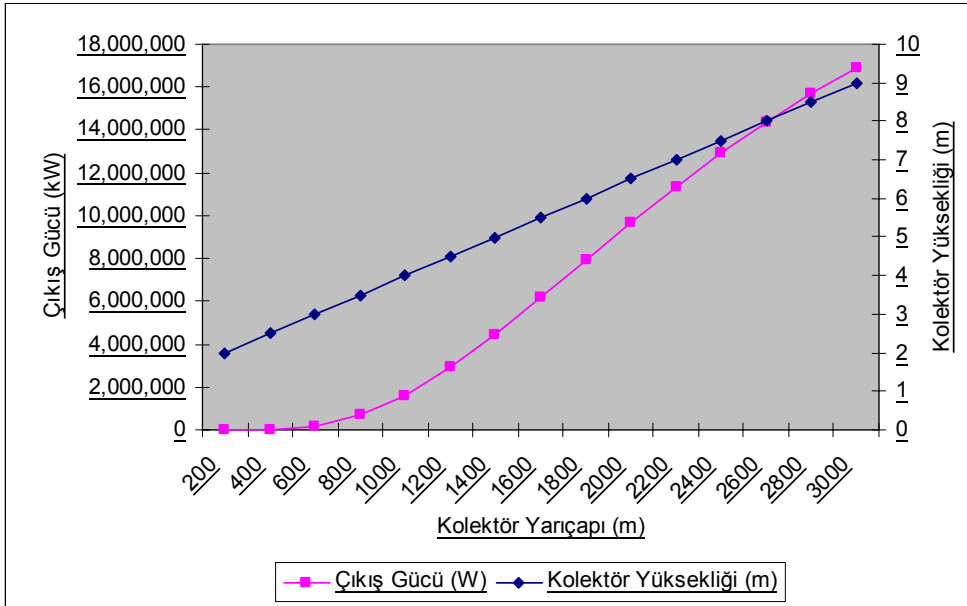
### Finansal Sonuçlar

|  |                      |
|--|----------------------|
| Toplam inşaat maliyeti (YTL)           | <input type="text"/> |
| Yıllık faiz bedeli (YTL)               | <input type="text"/> |
| Yıllık işletme bedeli (YTL)            | <input type="text"/> |
| Yıllık vergi bedeli (YTL)              | <input type="text"/> |
| Yıllık onarım bedeli (YTL)             | <input type="text"/> |
| Yıllık bakım bedeli (YTL)              | <input type="text"/> |
| Yıllık toplam masraflar (YTL)          | <input type="text"/> |
| <br>                                   |                      |
| Ortalama kWh maliyeti (YTL)            | <input type="text"/> |
| <input type="button" value="Hesapla"/> |                      |

şekil 6.5. Finansal sonuçlar sayfası

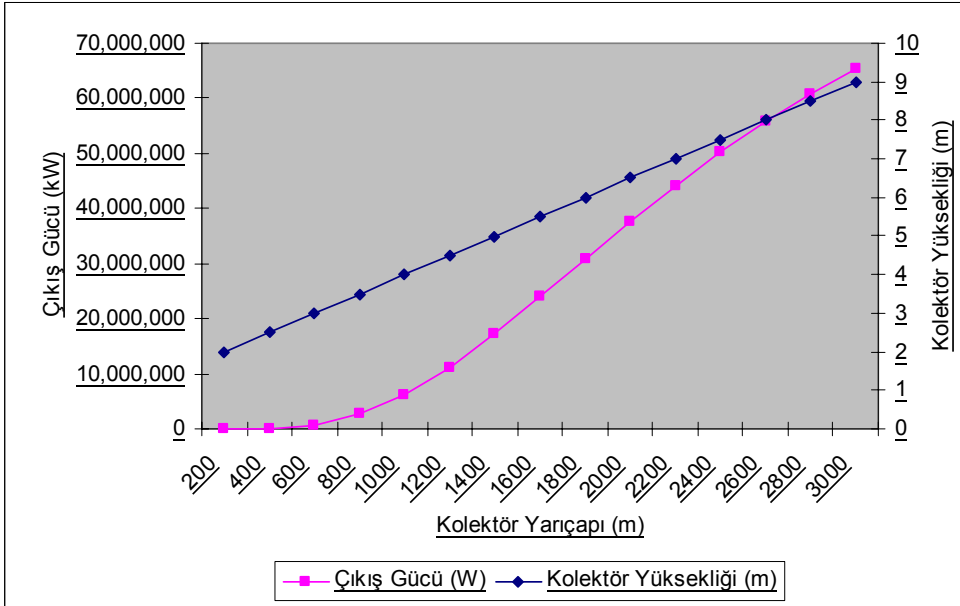
**Tablo 6.1.**  $\alpha = 10^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 10                      | 10                | 134            | 2                       |
| 400                   | 10                      | 20                | 18,927         | 2.5                     |
| 600                   | 10                      | 30                | 183,617        | 3                       |
| 800                   | 10                      | 40                | 683,719        | 3.5                     |
| 1000                  | 10                      | 50                | 1,603,189      | 4                       |
| 1200                  | 10                      | 60                | 2,898,332      | 4.5                     |
| 1400                  | 10                      | 70                | 4,461,418      | 5                       |
| 1600                  | 10                      | 80                | 6,175,500      | 5.5                     |
| 1800                  | 10                      | 90                | 7,941,218      | 6                       |
| 2000                  | 10                      | 100               | 9,684,434      | 6.5                     |
| 2200                  | 10                      | 110               | 11,354,751     | 7                       |
| 2400                  | 10                      | 120               | 12,920,910     | 7.5                     |
| 2600                  | 10                      | 130               | 14,365,858     | 8                       |
| 2800                  | 10                      | 140               | 15,682,519     | 8.5                     |
| 3000                  | 10                      | 150               | 16,870,513     | 9                       |

**Şekil 6.6.** Baca eğim açısı  $\alpha = 10^\circ$  de çıkış gücü

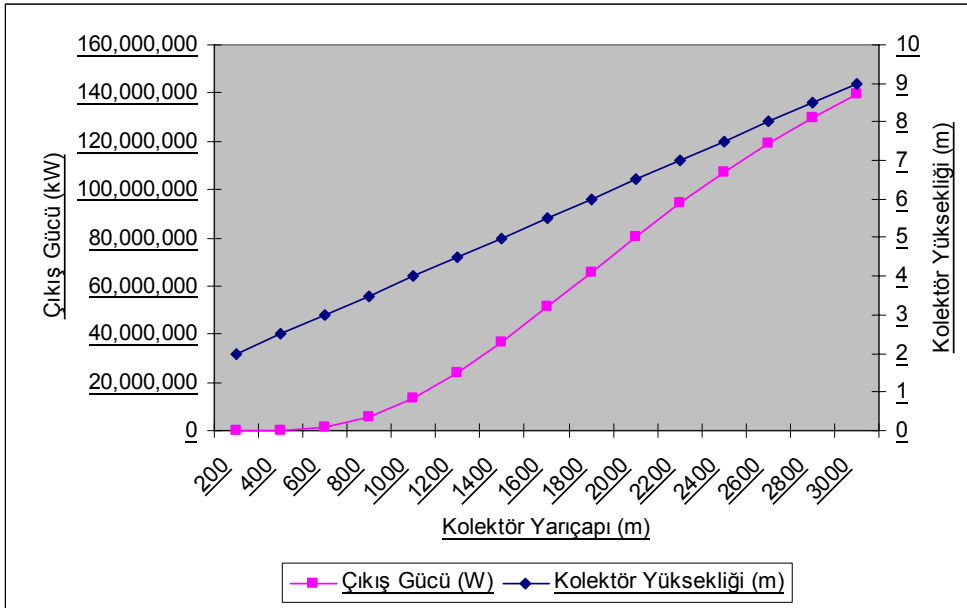
**Tablo 6.2.**  $\alpha = 20^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 20                      | 10                | 522            | 2                       |
| 400                   | 20                      | 20                | 73,426         | 2.5                     |
| 600                   | 20                      | 30                | 712,322        | 3                       |
| 800                   | 20                      | 40                | 2,652,411      | 3.5                     |
| 1000                  | 20                      | 50                | 6,219,388      | 4                       |
| 1200                  | 20                      | 60                | 11,243,747     | 4.5                     |
| 1400                  | 20                      | 70                | 17,307,561     | 5                       |
| 1600                  | 20                      | 80                | 23,957,145     | 5.5                     |
| 1800                  | 20                      | 90                | 30,807,047     | 6                       |
| 2000                  | 20                      | 100               | 37,569,654     | 6.5                     |
| 2200                  | 20                      | 110               | 44,049,454     | 7                       |
| 2400                  | 20                      | 120               | 50,125,188     | 7.5                     |
| 2600                  | 20                      | 130               | 55,730,701     | 8                       |
| 2800                  | 20                      | 140               | 60,838,536     | 8.5                     |
| 3000                  | 20                      | 150               | 65,447,221     | 9                       |

**Şekil 6.7.** Baca eğim açısı  $\alpha = 20^\circ$ 'de çıkış gücü

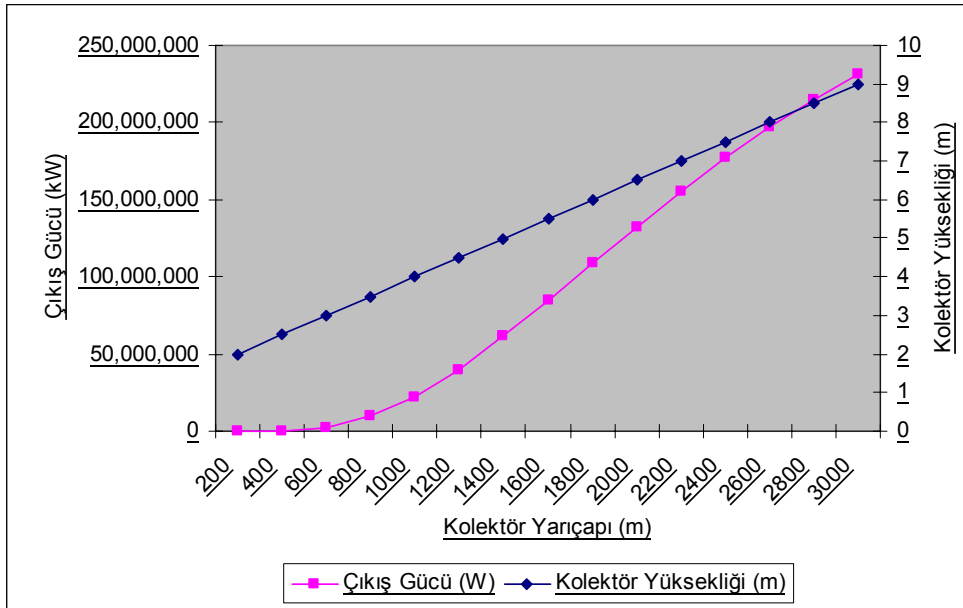
**Tablo 4.17** .  $\alpha = 30^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 30                      | 10                | 1,115          | 2                       |
| 400                   | 30                      | 20                | 156,922        | 2.5                     |
| 600                   | 30                      | 30                | 1,522,344      | 3                       |
| 800                   | 30                      | 40                | 5,668,622      | 3.5                     |
| 1000                  | 30                      | 50                | 13,291,815     | 4                       |
| 1200                  | 30                      | 60                | 24,029,666     | 4.5                     |
| 1400                  | 30                      | 70                | 36,988,996     | 5                       |
| 1600                  | 30                      | 80                | 51,200,209     | 5.5                     |
| 1800                  | 30                      | 90                | 65,839,534     | 6                       |
| 2000                  | 30                      | 100               | 80,292,295     | 6.5                     |
| 2200                  | 30                      | 110               | 94,140,653     | 7                       |
| 2400                  | 30                      | 120               | 107,125,459    | 7.5                     |
| 2600                  | 30                      | 130               | 119,105,326    | 8                       |
| 2800                  | 30                      | 140               | 130,021,578    | 8.5                     |
| 3000                  | 30                      | 150               | 139,871,066    | 9                       |

**Şekil 6.8.** Baca eğim açısı  $\alpha = 30^\circ$ 'de çıkış gücü

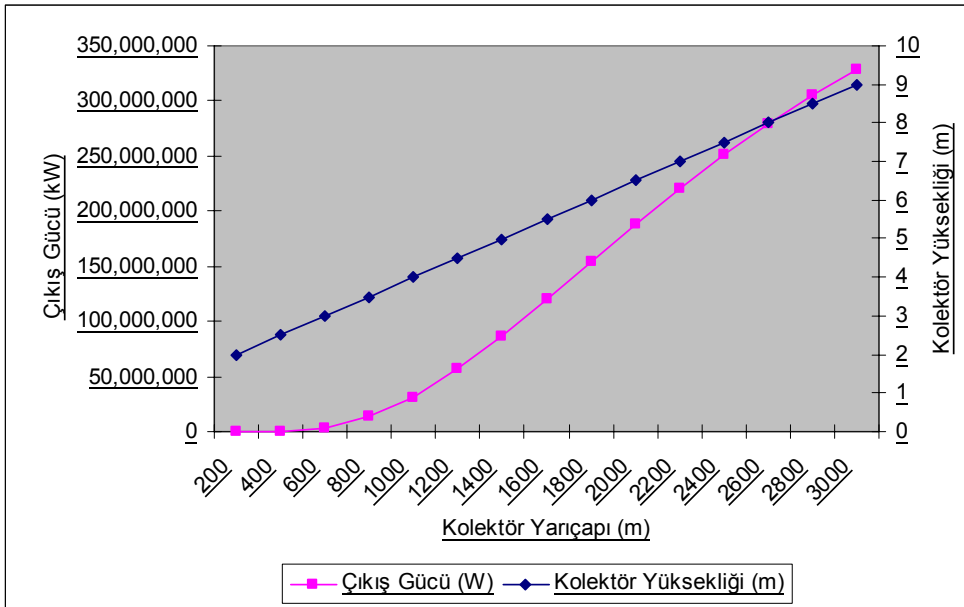
**Tablo 6.4..**  $\alpha = 40^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 40                      | 10                | 1,843          | 2                       |
| 400                   | 40                      | 20                | 259,346        | 2.5                     |
| 600                   | 40                      | 30                | 2,515,984      | 3                       |
| 800                   | 40                      | 40                | 9,368,554      | 3.5                     |
| 1000                  | 40                      | 50                | 21,967,435     | 4                       |
| 1200                  | 40                      | 60                | 39,713,922     | 4.5                     |
| 1400                  | 40                      | 70                | 61,131,856     | 5                       |
| 1600                  | 40                      | 80                | 84,618,783     | 5.5                     |
| 1800                  | 40                      | 90                | 108,813,252    | 6                       |
| 2000                  | 40                      | 100               | 132,699,385    | 6.5                     |
| 2200                  | 40                      | 110               | 155,586,620    | 7                       |
| 2400                  | 40                      | 120               | 177,046,659    | 7.5                     |
| 2600                  | 40                      | 130               | 196,845,831    | 8                       |
| 2800                  | 40                      | 140               | 214,887,164    | 8.5                     |
| 3000                  | 40                      | 150               | 231,165,451    | 9                       |

**Şekil 6.9.** Baca eğim açısı  $\alpha = 40^\circ$ 'de çıkış gücü

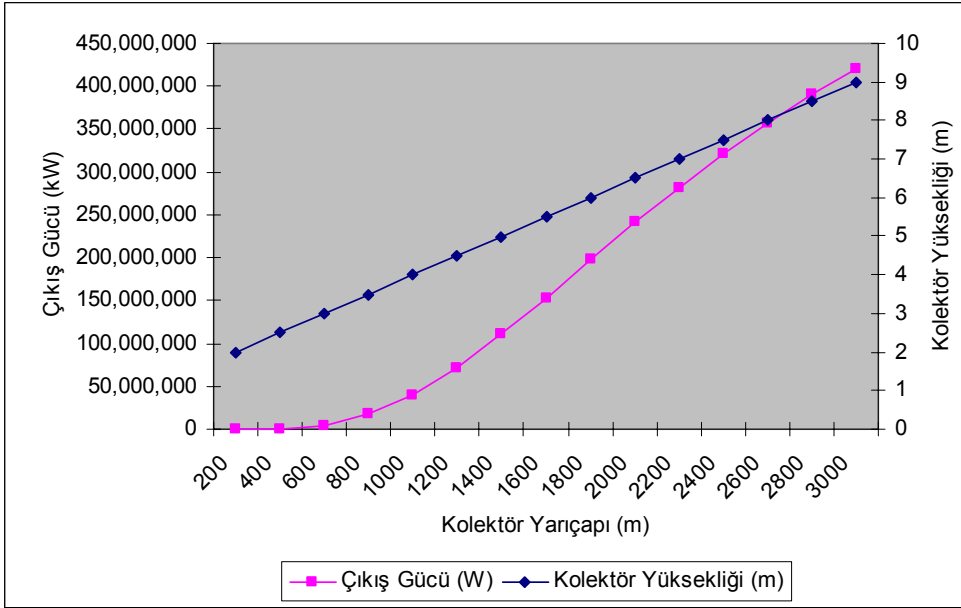
**Tablo 6.5.**  $\alpha = 50^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 50                      | 10                | 2,617          | 2                       |
| 400                   | 50                      | 20                | 368,343        | 2.5                     |
| 600                   | 50                      | 30                | 3,573,394      | 3                       |
| 800                   | 50                      | 40                | 13,305,940     | 3.5                     |
| 1000                  | 50                      | 50                | 31,199,839     | 4                       |
| 1200                  | 50                      | 60                | 56,404,765     | 4.5                     |
| 1400                  | 50                      | 70                | 86,824,160     | 5                       |
| 1600                  | 50                      | 80                | 120,182,099    | 5.5                     |
| 1800                  | 50                      | 90                | 154,544,944    | 6                       |
| 2000                  | 50                      | 100               | 188,469,866    | 6.5                     |
| 2200                  | 50                      | 110               | 220,976,077    | 7                       |
| 2400                  | 50                      | 120               | 251,455,274    | 7.5                     |
| 2600                  | 50                      | 130               | 279,575,580    | 8                       |
| 2800                  | 50                      | 140               | 305,199,267    | 8.5                     |
| 3000                  | 50                      | 150               | 328,318,941    | 9                       |

**Şekil 6.10.** Baca eğim açısı  $\alpha = 50^\circ$  de çıkış gücü

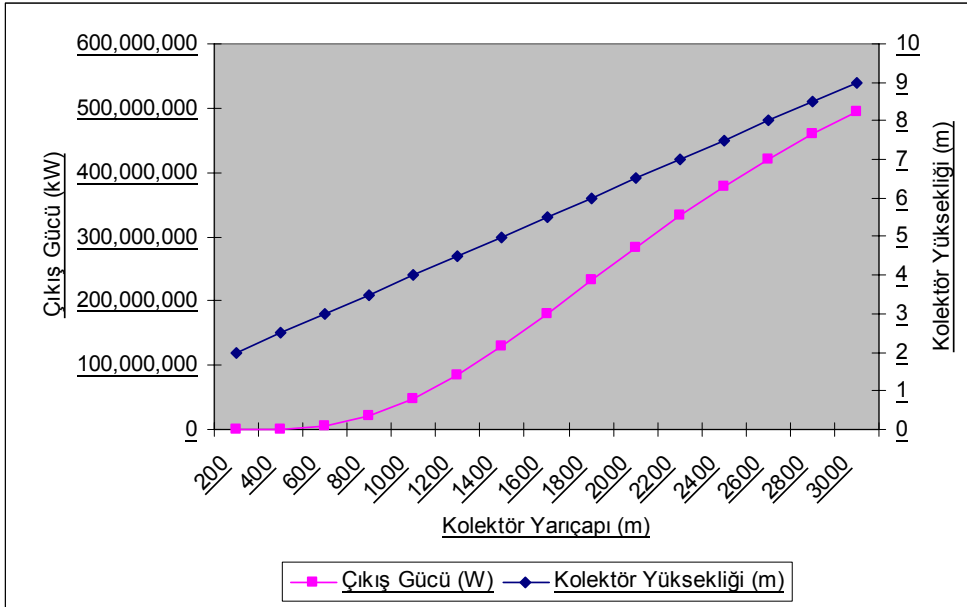
**Tablo 6.6.**  $\alpha = 60^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 60                      | 10                | 3,345          | 2                       |
| 400                   | 60                      | 20                | 470,766        | 2.5                     |
| 600                   | 60                      | 30                | 4,567,035      | 3                       |
| 800                   | 60                      | 40                | 17,005,876     | 3.5                     |
| 1000                  | 60                      | 50                | 39,875,467     | 4                       |
| 1200                  | 60                      | 60                | 72,089,036     | 4.5                     |
| 1400                  | 60                      | 70                | 110,967,043    | 5                       |
| 1600                  | 60                      | 80                | 153,600,705    | 5.5                     |
| 1800                  | 60                      | 90                | 197,518,703    | 6                       |
| 2000                  | 60                      | 100               | 240,877,007    | 6.5                     |
| 2200                  | 60                      | 110               | 282,422,103    | 7                       |
| 2400                  | 60                      | 120               | 321,376,541    | 7.5                     |
| 2600                  | 60                      | 130               | 357,316,160    | 8                       |
| 2800                  | 60                      | 140               | 390,064,934    | 8.5                     |
| 3000                  | 60                      | 150               | 419,613,414    | 9                       |

**Şekil 6.11.** Baca eğim açısı  $\alpha = 60^\circ$  de çıkış gücü

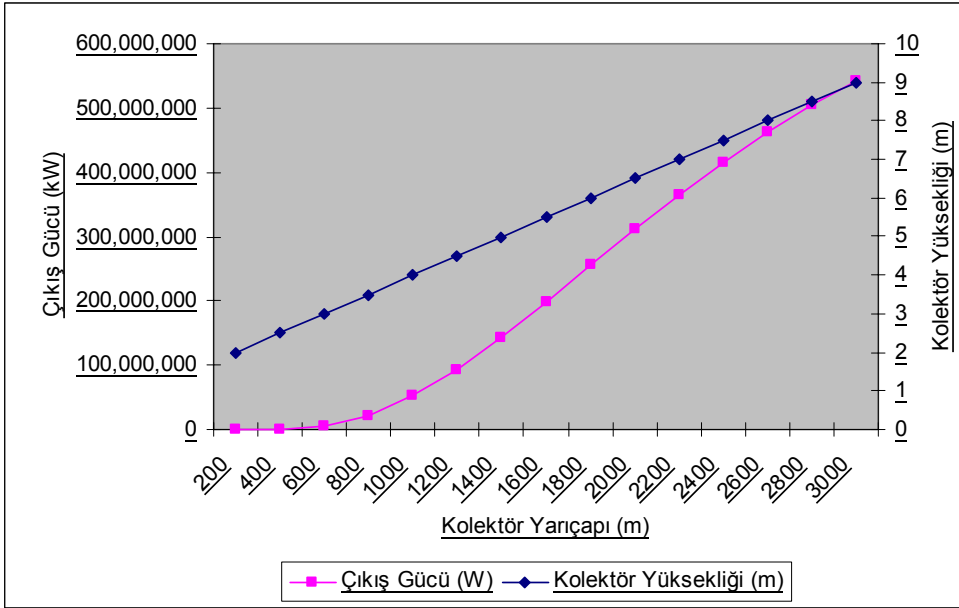
**Tablo 6.7.**  $\alpha = 70^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 70                      | 10                | 3,938          | 2                       |
| 400                   | 70                      | 20                | 554,263        | 2.5                     |
| 600                   | 70                      | 30                | 5,377,060      | 3                       |
| 800                   | 70                      | 40                | 20,022,094     | 3.5                     |
| 1000                  | 70                      | 50                | 46,947,910     | 4                       |
| 1200                  | 70                      | 60                | 84,874,983     | 4.5                     |
| 1400                  | 70                      | 70                | 130,648,522    | 5                       |
| 1600                  | 70                      | 80                | 180,843,830    | 5.5                     |
| 1800                  | 70                      | 90                | 232,551,268    | 6                       |
| 2000                  | 70                      | 100               | 283,599,743    | 6.5                     |
| 2200                  | 70                      | 110               | 332,513,414    | 7                       |
| 2400                  | 70                      | 120               | 378,376,939    | 7.5                     |
| 2600                  | 70                      | 130               | 420,690,926    | 8                       |
| 2800                  | 70                      | 140               | 459,248,131    | 8.5                     |
| 3000                  | 70                      | 150               | 494,037,425    | 9                       |

**Şekil 6.12.** Baca eğim açısı  $\alpha = 70^\circ$  de çıkış gücü

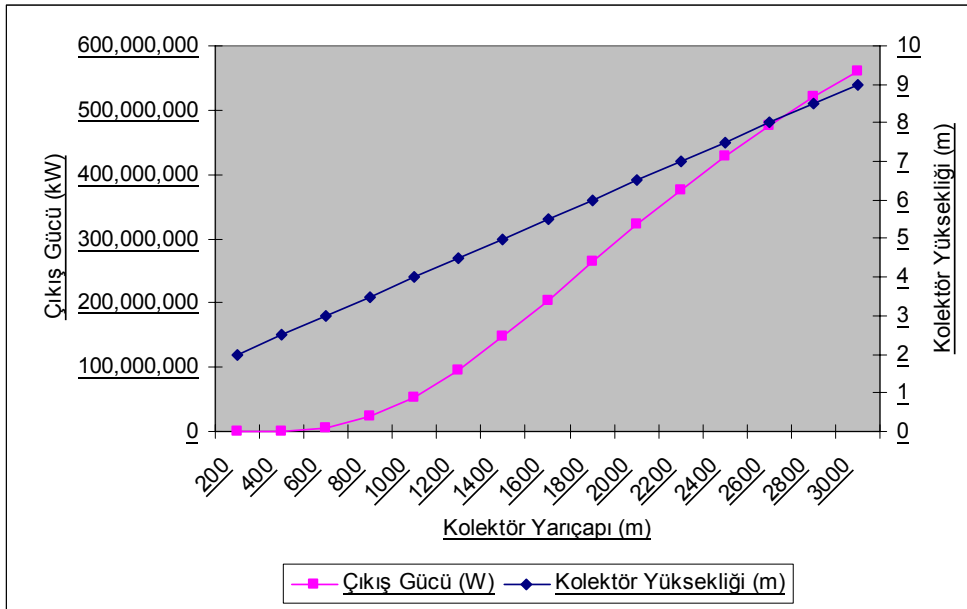
**Tablo 6.8.**  $\alpha = 80^\circ$  lik baca eğim açısında çıkış gücü

| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı ( $^\circ$ ) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 80                      | 10                | 4,326          | 2                       |
| 400                   | 80                      | 20                | 608,762        | 2.5                     |
| 600                   | 80                      | 30                | 5,905,767      | 3                       |
| 800                   | 80                      | 40                | 21,990,794     | 3.5                     |
| 1000                  | 80                      | 50                | 51,564,130     | 4                       |
| 1200                  | 80                      | 60                | 93,220,437     | 4.5                     |
| 1400                  | 80                      | 70                | 143,494,724    | 5                       |
| 1600                  | 80                      | 80                | 198,625,556    | 5.5                     |
| 1800                  | 80                      | 90                | 255,417,202    | 6                       |
| 2000                  | 80                      | 100               | 311,485,091    | 6.5                     |
| 2200                  | 80                      | 110               | 365,208,268    | 7                       |
| 2400                  | 80                      | 120               | 415,581,389    | 7.5                     |
| 2600                  | 80                      | 130               | 462,055,959    | 8                       |
| 2800                  | 80                      | 140               | 504,404,355    | 8.5                     |
| 3000                  | 80                      | 150               | 542,614,357    | 9                       |

**Şekil 6.13.** Baca eğim açısı  $\alpha = 80^\circ$  de çıkış gücü

**Tablo 6.9.** Dik bacada çıkış gücü

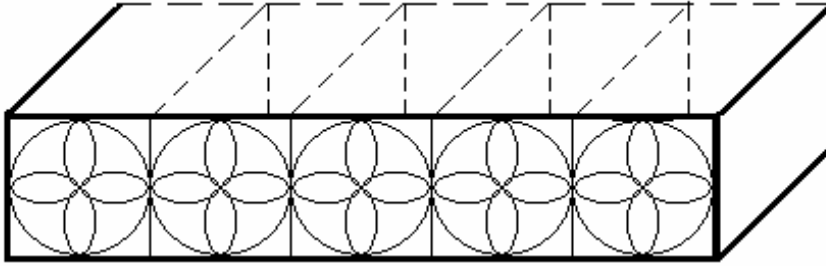
| Kolektör Yarıçapı (m) | Eğim Açısı (°) | Baca Yarıçapı (m) | Çıkış Gücü (W) | Kolektör Yüksekliği (m) |
|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| 200                   | 90             | 10                | 4,460          | 2                       |
| 400                   | 90             | 20                | 627,689        | 2.5                     |
| 600                   | 90             | 30                | 6,089,387      | 3                       |
| 800                   | 90             | 40                | 22,674,524     | 3.5                     |
| 1000                  | 90             | 50                | 53,167,343     | 4                       |
| 1200                  | 90             | 60                | 96,118,812     | 4.5                     |
| 1400                  | 90             | 70                | 147,956,209    | 5                       |
| 1600                  | 90             | 80                | 204,801,149    | 5.5                     |
| 1800                  | 90             | 90                | 263,358,540    | 6                       |
| 2000                  | 90             | 100               | 321,169,671    | 6.5                     |
| 2200                  | 90             | 110               | 376,563,189    | 7                       |
| 2400                  | 90             | 120               | 428,502,493    | 7.5                     |
| 2600                  | 90             | 130               | 476,422,033    | 8                       |
| 2800                  | 90             | 140               | 520,087,110    | 8.5                     |
| 3000                  | 90             | 150               | 559,485,123    | 9                       |

**Şekil 6.14.** Dik bacada çıkış gücü

## 7. SONUÇLAR:

Bu çalışmanın en önemli iki sonucu, uluslar arası literatürde yayınlanmış olan önceki çalışmaların ve gerçekleşen projelerin istenilen verimlere ulaşamamasının nedenlerinin ortaya çıkarılması ve bir güneş bacası projesinin Türkiye şartlarında daha düşük bir maliyet ile nasıl gerçekleştirilebileceğini gösterilmiş olmasıdır. Türkiye'nin coğrafi haritasına bakıldığında Güneş Bacaları için bir dizi uygun alanların bulunduğu görülmektedir. Örneğin Gaziantep'in kuzeyindeki Sof dağlarında kurulacak bir güneş bacası kentin elektrik gereksinimin önemli bir bölümünü karşılayabilecektir. Büyük ölçekli bir projenin, birlikte getirdiği mali riskler nedeni ile Türkiye'de gerçekleştirilmesi zor görülmekle birlikte, bu çalışmada öngörülen 5 sektörden sadece birinin deneme amaçlı olarak inşa edilmesi, fosil enerjilerin giderek tükendiği ve pahalılaştığı 21. Yüzyılda güneş bacasının Türkiye'de tanıtılması ve yaygınlaşması için önemli bir adım olabilir. Dağlık ve güneşi bol bir ülke olan Türkiye'de, bu çalışmada önerilen eğik baca ve eğik kolektörlü güneş bacası, teknik ve finansal açıdan yararlı bir projeye dönüştürülebilir. Maliyet hesaplarında gösterildiği gibi Avustralya projesinde sadece bacanın maliyeti 100.000.000,- €'nin üzerinde olacaktır. Bu çalışmada gösterilen öneriler ve değişikliklerle Türkiye'de gerçekleştirilecek bir projede özellikle baca maliyetinin yukarıdaki rakama göre önemli derecede düşürülebilmesi mümkündür. Bacanın eğim açısı nedeni ile küçülen verim katsayısının getirdiği kayıplar böylece fazlası ile karşılanmış olacaktır. Bu tezde Dünya'da ilk kez önerilen ve modeli oluşturulan, Sektörlerin baca girişleri Şekil 7.1 de görüldüğü gibi birbirinin yanı sıra kurulduğundan baca

yüksekliği düşük seviyede tutulabilecektir. Sektör başına birden fazla turbogeneratör yan yana yerleştirildiğinde baca yüksekliği 5 metreye kadar düşürülebilecektir. Bu sayede türbin kanat yarıçapları normal seviyelerde tutulabilecek, ara duvarlar daha ince kesitler ile yapılabilecek ve maliyet bu açıdan da düşürülebilecektir.



Şekil 7.1. Eğimli baca girişinde türbinlerin yerleştirilmesi

Baca eğim açısının çıkış gücünü nasıl etkilediği grafiklerde görülmektedir.  $\alpha = 30^\circ$  ye kadar kayıplar oldukça yüksek görünmekte, daha büyük eğim açılarında kayıplar hızla azalmaktadır.

Yapılan hesaplar eğimli kolektörün, bacanın aksine, basınç farkını ve akışkan hızını, dolayısı ile çıkış gücünü arttırdığını göstermiştir. Sektörlerin duvarları arasındaki yaklaşık  $35^\circ$  lik açısı, çevre rüzgarlarının sektör duvarlarına çarparak baca girişine doğru yönlendirilmesini sağlamakta, böylece rüzgarların olumsuz etkileri azaltılıp, çıkış gücüne katkılı olmaları sağlanmaktadır.

Dünya'da tek gerçekleştirilebilen İspanya güneş bacası projesinde dikey baca bir fırtınada devrildiği. Daha sonra tasarlanan dikey bacalı projelerin güvenliği için çok büyük teknik ve mali sorunların aşılması gerektiği

görülmüştür. Eğimli bacanın bu her iki açıdan da olumlu sonuçlar vereceği öngörülmektedir.

Bu tezde oluşturulan simulasyon programında kullanılan formüller, değişik çalışmalarda öngörülenleri ile kolaylıkla değiştirilebildiğinden, çalışmaların teknik ve mali sonuçlarının birbirleri ile karşılaştırılmaları da mümkün olabilmektedir.

Eğimli ve sektörlere ayrılmış kolektörün getirdiği diğer bir avantaj ise, araştırma amaçlı gerçekleştirilecek bir projede, tesisin tümünün kurulmasının gerekmemesidir. Beş sektörden sadece bir tanesi ve başlangıçta sadece birkaç yüz metre uzunluğundaki bir baca (bölümü) yeterli olacaktır. Ayrıca, verim artış amaçlı olarak, bacaya yukarıya doğru ilaveler yapılması, her ilavede ölçümler yapılarak baca uzunluğu ile ilgili olarak yapılan teorik çalışmaların sınanması mümkündür. Dikey bacalarda sonradan yukarıya doğru ek yapılması mümkün değildir.

Yukarıda özetlenen tüm bu yeniliklerin, Dünya'da güneş bacası teknolojisine yönelik umutların yeşermesine, ve Yenilenebilir Enerji teknolojilerinde yeni bir dalın oluşmasına zemin yaratabileceği umulmaktadır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

**Atagündüz, G.**, 1989, Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları, Ege Üniversitesi, İzmir, 372 s.

**Bernardes, M. A. dos Santos., A. Voß and G. Weinrebe**, Thermal and technical analyses of solar chimneys, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendungen, Universität Stuttgart, 2003.

**Bundesverband Windenergie** Web Sitesi, <http://www.wind-energie.de>.

**Dai, Y. J. H. B. Huang and R. Z. Wang**, Case study of solar chimney power plants in Northwestern regions of China, Institute of Refrigeration and Cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, 200030, Shanghai, China.

**Denantes, F. and E. Bilgen**, Counter-rotating turbines for solar chimney power plants, Ecole Polytechnique, C.P. 6079 Centre Ville Montreal Qc, Canada.

**Duffie, J.A. and Beckmann, W.A.** 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, ISBN 0471510564.

**Kara, Ö.**, Yükselen Hava Akımlı Rüzgar Türbinleri İzmir Uygulaması, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, 2002.

**Koonsrisuk, Atit and Tawit Chitsomboon**, Dynamic similarity in solar chimney modeling School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)**

**Lodhi, M.A.K.**, 1999, Application of helio-aero-gravity concept in producing energy and suppressing pollution, Energy Conversion and Management, Volume 40, Issue 4, March 1999, Pages 407-421.

**Ninic, N.**, Available energy of the air in solar chimneys and the possibility of its ground-level concentration, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture in Split, University of Split, 21000 Rudjera Boskovicabb, Croatia.

**Schlaich, Bergemann und Partner, Web Sitesi, <http://www.sbp.de>.**

**Schlaich, J.**, 1994, Das Aufwindkraftwerk, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.

**EKLER:****PROGRAM YAZILIMI:**

```

Public Class Form1
    Dim s, hbaca, asek, akol, vsek, vkol, vbaca, hizbaca,
    portisininim, portsistem, verimsistem, hkol, hsek, bsek, lsek,
    ssek, stur, alfakol, lbaca, alfabaca, verimtur, verimngen,
    bcog

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object,
    ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
        hsek = NumericUpDown1.Value
        bsek = NumericUpDown2.Value
        lsek = NumericUpDown3.Value
        ssek = NumericUpDown4.Value
        stur = NumericUpDown5.Value
        alfakol = NumericUpDown6.Value
        lbaca = NumericUpDown7.Value
        alfabaca = NumericUpDown8.Value
        verimtur = NumericUpDown9.Value
        verimngen = NumericUpDown10.Value
        bcog = NumericUpDown11.Value

        hbaca = Math.Sqrt((hsek * bsek / stur))

        asek = ((bsek + stur * hbaca) / 2) * lsek

        akol = asek * ssek

        vsek = ((hbaca + hsek) / 2) * asek

        vkol = asek * ssek

        vbaca = hbaca * hbaca * lbaca

        hkol = (hbaca + hsek) / 2

        hizbaca = Math.Sqrt(19.62 * hbaca * Math.Sin(alfabaca
        * Math.PI / 180) * Math.Sin(alfabaca * Math.PI / 180))

        portisininim = akol * 800

        portsistem = (0.6 * (hizbaca ^ 3) * (hbaca ^ 2) *
        ssek * stur)
    End Sub
End Class

```

```
verimsistem = portsistem / portisinim
```

```
TextBox1.Text = asek
```

```
TextBox2.Text = akol
```

```
TextBox3.Text = vsek
```

```
TextBox4.Text = vkol
```

```
TextBox5.Text = vbaca
```

```
TextBox6.Text = hizbaca
```

```
TextBox7.Text = portisinim
```

```
TextBox8.Text = portsistem
```

```
TextBox9.Text = verimsistem
```

```
TextBox10.Text = hbaca
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TabPage1_Click(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles TabPage1.Click
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TabPage4_Click(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles TabPage4.Click
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles Button2.Click
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
```

```
    NumericUpDown1.Text = ""
    NumericUpDown2.Text = ""
    NumericUpDown3.Text = ""
    NumericUpDown4.Text = ""
    NumericUpDown5.Text = ""
    NumericUpDown6.Text = ""
    NumericUpDown7.Text = ""
    NumericUpDown8.Text = ""
    NumericUpDown9.Text = ""
    NumericUpDown10.Text = ""
    NumericUpDown11.Text = ""
    NumericUpDown12.Text = ""
    NumericUpDown13.Text = ""
    NumericUpDown14.Text = ""
    NumericUpDown15.Text = ""
    NumericUpDown16.Text = ""
    NumericUpDown17.Text = ""
    NumericUpDown18.Text = ""
    NumericUpDown19.Text = ""
    NumericUpDown20.Text = ""
    NumericUpDown21.Text = ""
    NumericUpDown22.Text = ""
    NumericUpDown23.Text = ""
    NumericUpDown24.Text = ""
    NumericUpDown25.Text = ""
```

```
End Sub
```

```
End Class
```

```
Private Sub TabPage1_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles TabPage1.Click
```

```
End Sub
```

```
Global.Microsoft.VisualBasic.CompilerServices.DesignerGenerated() >
```

```
Partial Class Form1
```

```
    Inherits System.Windows.Forms.Form
```

```
    'Form overrides dispose to clean up the component list.
```

```

    <System.Diagnostics.DebuggerNonUserCode() > _
    Protected Overrides Sub Dispose(ByVal disposing As
Boolean)
        Try
            If disposing AndAlso components IsNot Nothing
Then
                components.Dispose()
            End If
        Finally
            MyBase.Dispose(disposing)
        End Try
    End Sub

    'Required by the Windows Form Designer
    Private components As System.ComponentModel.IContainer

    'NOTE: The following procedure is required by the Windows
Form Designer
    'It can be modified using the Windows Form Designer.
    'Do not modify it using the code editor.
    <System.Diagnostics.DebuggerStepThrough() > _
    Private Sub InitializeComponent()
        Me.TabControl1 = New System.Windows.Forms.TabControl
        Me.TabPage1 = New System.Windows.Forms.TabPage
        Me.Label15 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown11 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label14 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown10 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label13 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown9 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label12 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown8 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label11 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown7 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label10 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown6 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label9 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown5 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label8 = New System.Windows.Forms.Label
        Me.NumericUpDown4 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
        Me.Label7 = New System.Windows.Forms.Label

```

```
Me.Label6 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label2 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label11 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown3 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.NumericUpDown2 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.NumericUpDown1 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.TabPage2 = New System.Windows.Forms.TabPage
Me.Label5 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown14 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label4 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown13 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label3 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown12 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label16 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown15 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label17 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown16 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label18 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown17 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label19 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown18 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label20 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown19 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label21 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown20 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label22 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown21 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label23 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown22 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.Label24 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label25 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label26 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label27 = New System.Windows.Forms.Label
Me.NumericUpDown23 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
```

```
Me.NumericUpDown24 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.NumericUpDown25 = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Me.TabPage3 = New System.Windows.Forms.TabPage
Me.Label28 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label29 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label30 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label31 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label32 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label33 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label34 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label35 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label36 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label37 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label38 = New System.Windows.Forms.Label
Me.TabPage4 = New System.Windows.Forms.TabPage
Me.TextBox10 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox9 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox8 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox7 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox6 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox5 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox4 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox3 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox2 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.TextBox1 = New System.Windows.Forms.TextBox
Me.Label49 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Button1 = New System.Windows.Forms.Button
Me.Label39 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label40 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label41 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label42 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label43 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label44 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label45 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label46 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label47 = New System.Windows.Forms.Label
Me.Label48 = New System.Windows.Forms.Label
Me.TabControl1.SuspendLayout ()
Me.TabPage1.SuspendLayout ()
CType (Me.NumericUpDown11,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
CType (Me.NumericUpDown10,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
CType (Me.NumericUpDown9,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
CType (Me.NumericUpDown8,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
```

```

        CType (Me.NumericUpDown7,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown6,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown5,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown4,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown3,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown2,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown1,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        Me.TabPage2.SuspendLayout ()
        CType (Me.NumericUpDown14,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown13,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown12,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown15,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown16,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown17,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown18,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown19,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown20,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown21,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown22,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown23,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown24,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        CType (Me.NumericUpDown25,
System.ComponentModel.ISupportInitializeSupportInitialize).BeginInit ()
        Me.TabPage3.SuspendLayout ()
        Me.TabPage4.SuspendLayout ()
        Me.SuspendLayout ()
    '
    'TabControl1
    '

```

```

        Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage1)
        Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage2)
        Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage3)
        Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage4)
        Me.TabControl1.Location = New
System.Drawing.Point(12, 12)
        Me.TabControl1.Name = "TabControl1"
        Me.TabControl1.SelectedIndex = 0
611) Me.TabControl1.Size = New System.Drawing.Size(594,
        Me.TabControl1.TabIndex = 0
        '
        'TabPage1
        '
        Me.TabPage1.BackColor =
System.Drawing.Color.DarkSeaGreen
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label15)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown11)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label14)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown10)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label13)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown9)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label12)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown8)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label11)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown7)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label10)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown6)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label9)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown5)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label8)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown4)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label7)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label6)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label2)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label1)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown3)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown2)
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.NumericUpDown1)
        Me.TabPage1.ForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
        Me.TabPage1.Location = New System.Drawing.Point(4,
22)
        Me.TabPage1.Name = "TabPage1"
        Me.TabPage1.Padding = New
System.Windows.Forms.Padding(3)
        Me.TabPage1.Size = New System.Drawing.Size(586, 585)
        Me.TabPage1.TabIndex = 0
        Me.TabPage1.Text = "Teknik Veriler"

```

```

'
'Label15
'
Me.Label15.AutoSize = True
Me.Label15.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
Me.Label15.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
Me.Label15.Location = New System.Drawing.Point(106,
442)
Me.Label15.Name = "Label15"
Me.Label15.Size = New System.Drawing.Size(233, 20)
Me.Label15.TabIndex = 73
Me.Label15.Text = "Coğrafi boylam
"
'
'NumericUpDown11
'
Me.NumericUpDown11.DecimalPlaces = 5
Me.NumericUpDown11.Location = New
System.Drawing.Point(356, 442)
Me.NumericUpDown11.Maximum = New Decimal(New
Integer() {999999, 0, 0, 0})
Me.NumericUpDown11.Name = "NumericUpDown11"
Me.NumericUpDown11.Size = New
System.Drawing.Size(120, 20)
Me.NumericUpDown11.TabIndex = 72
'
'Label14
'
Me.Label14.AutoSize = True
Me.Label14.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
Me.Label14.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
Me.Label14.Location = New System.Drawing.Point(106,
409)
Me.Label14.Name = "Label14"
Me.Label14.Size = New System.Drawing.Size(232, 20)
Me.Label14.TabIndex = 71
Me.Label14.Text = "Generatör verim katsayısı "
'
'NumericUpDown10
'
Me.NumericUpDown10.DecimalPlaces = 5
Me.NumericUpDown10.Location = New
System.Drawing.Point(356, 409)
Me.NumericUpDown10.Maximum = New Decimal(New
Integer() {999999, 0, 0, 0})

```

```

        Me.NumericUpDown10.Name = "NumericUpDown10"
        Me.NumericUpDown10.Size = New
System.Drawing.Size(120, 20)
        Me.NumericUpDown10.TabIndex = 70
        '
        'Label13
        '
        Me.Label13.AutoSize = True
        Me.Label13.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
        Me.Label13.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
        Me.Label13.Location = New System.Drawing.Point(106,
377)
        Me.Label13.Name = "Label13"
        Me.Label13.Size = New System.Drawing.Size(235, 20)
        Me.Label13.TabIndex = 69
        Me.Label13.Text = "Türbin verim katsayısı      "
        '
        'NumericUpDown9
        '
        Me.NumericUpDown9.DecimalPlaces = 5
        Me.NumericUpDown9.Location = New
System.Drawing.Point(356, 377)
        Me.NumericUpDown9.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
        Me.NumericUpDown9.Name = "NumericUpDown9"
        Me.NumericUpDown9.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
        Me.NumericUpDown9.TabIndex = 68
        '
        'Label12
        '
        Me.Label12.AutoSize = True
        Me.Label12.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
        Me.Label12.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
        Me.Label12.Location = New System.Drawing.Point(106,
343)
        Me.Label12.Name = "Label12"
        Me.Label12.Size = New System.Drawing.Size(236, 20)
        Me.Label12.TabIndex = 67
        Me.Label12.Text = "Baca eğim açısı (o)
"
        '
        'NumericUpDown8
        '
        Me.NumericUpDown8.DecimalPlaces = 5

```

```

        Me.NumericUpDown8.Location = New
System.Drawing.Point(356, 343)
        Me.NumericUpDown8.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
        Me.NumericUpDown8.Name = "NumericUpDown8"
        Me.NumericUpDown8.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
        Me.NumericUpDown8.TabIndex = 66
        '
        'Label11
        '
        Me.Label11.AutoSize = True
        Me.Label11.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
        Me.Label11.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
        Me.Label11.Location = New System.Drawing.Point(106,
310)
        Me.Label11.Name = "Label11"
        Me.Label11.Size = New System.Drawing.Size(234, 20)
        Me.Label11.TabIndex = 65
        Me.Label11.Text = "Baca uzunluğu (m)          "
        '
        'NumericUpDown7
        '
        Me.NumericUpDown7.DecimalPlaces = 5
        Me.NumericUpDown7.Location = New
System.Drawing.Point(356, 310)
        Me.NumericUpDown7.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
        Me.NumericUpDown7.Name = "NumericUpDown7"
        Me.NumericUpDown7.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
        Me.NumericUpDown7.TabIndex = 64
        '
        'Label10
        '
        Me.Label10.AutoSize = True
        Me.Label10.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
        Me.Label10.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
        Me.Label10.Location = New System.Drawing.Point(106,
274)
        Me.Label10.Name = "Label10"
        Me.Label10.Size = New System.Drawing.Size(236, 20)
        Me.Label10.TabIndex = 63
        Me.Label10.Text = "Kolektör eğim açısı (o)          "
        '

```

```

        'NumericUpDown6
        ,
        Me.NumericUpDown6.DecimalPlaces = 5
        Me.NumericUpDown6.Location = New
System.Drawing.Point(358, 274)
        Me.NumericUpDown6.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
        Me.NumericUpDown6.Name = "NumericUpDown6"
        Me.NumericUpDown6.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
        Me.NumericUpDown6.TabIndex = 62
        ,
        'Label9
        ,
        Me.Label9.AutoSize = True
        Me.Label9.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
        Me.Label9.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
        Me.Label9.Location = New System.Drawing.Point(108,
240)
        Me.Label9.Name = "Label9"
        Me.Label9.Size = New System.Drawing.Size(235, 20)
        Me.Label9.TabIndex = 61
        Me.Label9.Text = "Sektör başına türbin sayısı   "
        ,
        'NumericUpDown5
        ,
        Me.NumericUpDown5.DecimalPlaces = 5
        Me.NumericUpDown5.Location = New
System.Drawing.Point(358, 240)
        Me.NumericUpDown5.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
        Me.NumericUpDown5.Name = "NumericUpDown5"
        Me.NumericUpDown5.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
        Me.NumericUpDown5.TabIndex = 60
        ,
        'Label8
        ,
        Me.Label8.AutoSize = True
        Me.Label8.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
        Me.Label8.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
        Me.Label8.Location = New System.Drawing.Point(108,
207)
        Me.Label8.Name = "Label8"
        Me.Label8.Size = New System.Drawing.Size(236, 20)

```

```

Me.Label8.TabIndex = 59
Me.Label8.Text = "Sektör sayısı
"
    ,
    'NumericUpDown4
    ,
    Me.NumericUpDown4.DecimalPlaces = 5
    Me.NumericUpDown4.Location = New
System.Drawing.Point(358, 207)
    Me.NumericUpDown4.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
    Me.NumericUpDown4.Name = "NumericUpDown4"
    Me.NumericUpDown4.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
    Me.NumericUpDown4.TabIndex = 58
    ,
    'Label7
    ,
    Me.Label7.AutoSize = True
    Me.Label7.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
    Me.Label7.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
    Me.Label7.Location = New System.Drawing.Point(108,
171)
    Me.Label7.Name = "Label7"
    Me.Label7.Size = New System.Drawing.Size(221, 20)
    Me.Label7.TabIndex = 57
    Me.Label7.Text = "Sektör kenar uzunluğu (m)"
    ,
    'Label6
    ,
    Me.Label6.AutoSize = True
    Me.Label6.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
    Me.Label6.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
    Me.Label6.Location = New System.Drawing.Point(108,
136)
    Me.Label6.Name = "Label6"
    Me.Label6.Size = New System.Drawing.Size(221, 20)
    Me.Label6.TabIndex = 56
    Me.Label6.Text = "Sektör giriş genişliği (m)    "
    ,
    'Label2
    ,
    Me.Label2.AutoSize = True
    Me.Label2.BackColor = System.Drawing.Color.Gold

```

```

        Me.Label2.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
    Me.Label2.Location = New System.Drawing.Point(108,
101)
        Me.Label2.Name = "Label2"
        Me.Label2.Size = New System.Drawing.Size(223, 20)
        Me.Label2.TabIndex = 55
        Me.Label2.Text = "Sektör giris yüksekliği (m) "
        '
        'Label1
        '
        Me.Label1.AutoSize = True
        Me.Label1.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
        Me.Label1.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 15.75!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
    Me.Label1.Location = New System.Drawing.Point(204,
14)
        Me.Label1.Name = "Label1"
        Me.Label1.Size = New System.Drawing.Size(158, 25)
        Me.Label1.TabIndex = 54
        Me.Label1.Text = "Teknik Veriler"
        '
        'NumericUpDown3
        '
        Me.NumericUpDown3.DecimalPlaces = 5
        Me.NumericUpDown3.Location = New
System.Drawing.Point(358, 171)
        Me.NumericUpDown3.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
        Me.NumericUpDown3.Name = "NumericUpDown3"
        Me.NumericUpDown3.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
        Me.NumericUpDown3.TabIndex = 53
        '
        'NumericUpDown2
        '
        Me.NumericUpDown2.DecimalPlaces = 5
        Me.NumericUpDown2.Location = New
System.Drawing.Point(358, 136)
        Me.NumericUpDown2.Maximum = New Decimal(New Integer()
{999999, 0, 0, 0})
        Me.NumericUpDown2.Name = "NumericUpDown2"
        Me.NumericUpDown2.Size = New System.Drawing.Size(120,
20)
        Me.NumericUpDown2.TabIndex = 52
        '
        'NumericUpDown1

```

```

Me.Label46.TabIndex = 106
Me.Label46.Text = "Kolektör alanı (m'2)"
'
'Label47
'
Me.Label47.AutoSize = True
Me.Label47.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
Me.Label47.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 12.0!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
Me.Label47.Location = New System.Drawing.Point(93,
110)
Me.Label47.Name = "Label47"
Me.Label47.Size = New System.Drawing.Size(154, 20)
Me.Label47.TabIndex = 105
Me.Label47.Tag = ""
Me.Label47.Text = "Sektör alanı (m^2)"
'
'Label48
'
Me.Label48.AutoSize = True
Me.Label48.BackColor = System.Drawing.Color.Gold
Me.Label48.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft
Sans Serif", 15.75!, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(162, Byte))
Me.Label48.Location = New System.Drawing.Point(197,
24)
Me.Label48.Name = "Label48"
Me.Label48.Size = New System.Drawing.Size(182, 25)
Me.Label48.TabIndex = 104
Me.Label48.Text = "Teknik Sonuçlar"
Friend WithEvents Label49 As System.Windows.Forms.Label
Friend WithEvents Button1 As System.Windows.Forms.Button

```

End Class.

## ÖZGEÇMİŞ

Yazar 23.01.1943 tarihinde Balıkesir'in Kepsut kazasında doğmuştur. İlk öğretimini Manyas'ta, orta ve lise öğrenimini Balıkesir Lisesi'nde tamamlamıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi'ni kazanarak bir semestri okuduktan sonra Almanya'da yüksek öğrenimini yapmak üzere bir burs kazanmış, Darmstadt Teknik Üniversitesi'nde yüksek öğrenimini tamamlayarak Elektroteknik Yüksek Mühendisi ünvanı ile bitirmiştir.

Yazar 1969-1973 yılları arasında AEG firmasında proje mühendisi olarak çalışmış, yedeksubaylığını Ankara Mamak Muhabere Okulunda yaptıktan sonra Alman vatandaşlığına geçerek Alman Hükümetinin yüksek dereceli devlet memuru olmuştur. Yazar Almanya'da Meslek Yüksek Okulu ayarındaki kuruluşlarda Alman öğrencilere Elektroteknik, Matematik ve Teknik Resim dersleri vermiştir.

2000 yılında sağlık nedenleri ile erken emekli olduktan sonra yazar 2001 yılında Türkiye'ye dönmüş, 2002 yılında Ege Üniversitesi'nin Elektrik/Elektronik Mühendisliği bölümünde öğretim görevlisi olarak matematik dersleri vermiş, akabinde E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde doktora yapmaya ve 2004 yılından itibaren de yabancı uzman olarak çalışmaya başlamıştır. Bekar ve üç çocuk babası ve üç torun sahibi olup, Almanca ve İngilizce bilmektedir.