

Hasan ACÜL

**Abstract:**

The purpose of this study is to provide information on Chill-Sim software which is on chillers' performance and energy efficiency calculation. CHILL-SIM software includes selection of optimum products, freecooling and evaporative cooling simulation as well.

**Key Words:**

Energy Efficiency, Cooling, Evaporative Cooling, Adiabatic Cooling, Chiller, Chillers, Simulation, Software, Free Cooling.

# Chill-Sim Doğal ve Evaporatif Soğutma Sistemli Chiller Gruplarının Performans ve Enerji Verimliliği Hesaplama Simülasyon Yazılımı

**ÖZET**

*Bu çalışmanın amacı, doğal ve evaporatif soğutma sistemli hava soğutmalı chillerlerin performans ve enerji verimliliği hesaplamalarının yapıldığı simülasyon yazılımı hakkında bilgi vermektir.*

*Yazılım, chillerlerin farklı koşullarda performans hesaplamalarının yapılması, isteğe uygun chillerlerin mevcut bir ürün yelpazesinden seçilmesi, seçilen chiller için evaporatif ve doğal soğutma verimlilik ve kazanç analizinin yapılmasını kapsamaktadır. Yazılımın hedef kullanıcıları chiller üreticisi firmalar, bu ürünlerin tesisat/taahhüt projelerini yapan tasarımcısı firmalar ve ürün kullanıcılarıdır. Yazılımdan elde edilen temel bulgular; ürün teknik performans değerleri, enerji verimliliği kazançları, chiller EER ve kompresör COP değer karşılaştırmaları, kapasite artışları, harcanan bedeller ile yatırım geri dönüşüm süreleridir. Yazılım sonuçları literatürde ve endüstride yapılan çalışmaların bulguları ile karşılaştırılarak doğrulanmaya çalışılmıştır.*

*Yazılım, gerek ürünü tasarlayan ve imal eden gerekse ürün tesisat projelendirmesini yapan mühendisler açısından önemli bir analiz aracıdır. Kısa sürede detaylı hesaplamalar ve analizler yapmak vasıtasıyla mühendislik zamanlarının etkin biçimde kullanılmasını sağlarken; enerji verimli ürün üretimi ve kullanımını destekleyecek veriler üretmektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Verimliliği, Doğal Soğutma, Evaporatif Soğutma, Adyabatik Soğutma, Chiller, Soğutma Grubu, Simülasyon, Yazılım, Free Cooling.

**1. GİRİŞ**

Yazılıma konu olan soğuk su/su-salamura üreticisi hava soğutmalı chiller gruplar endüstriyel proseslerde ve iklimlendirme sistemlerinde yaygın olarak kullanılan mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimi prensibi ile likit (su, su-etilen glikol, su-propilen glikol vb.) soğutma işlemi yaparlar.



**Şekil 1. Örnek Hava Soğutmalı V Chiller**



**Şekil 2. Örnek Hava Soğutmalı Chiller**

Doğal soğutma (free cooling), kış ve bahar mevsimlerinde düşük hava sıcaklıklarından faydalanarak bir chiller kompresörünün çalışması olmaksızın ya da kısmen çalıştırılarak soğutma ihtiyacının çok daha düşük işletme maliyeti ile karşılanmasıdır [1]. Sulu sistemlerde yaygın doğal soğutma uygulamaları chiller üzerinde ısı değiştirgeci batarya kullanımı, chiller ile kuru soğutucu birlikte kullanımı ve chiller ile su soğutma kulesi kullanımı olarak belirtilebilir.



**Şekil 3. Örnek Doğal Soğutma Amaçlı Kullanılan Kanatlı Borulu Isı Eşanjörü**



**Şekil 4. Örnek Kuru Soğutucu**



**Şekil 5. Örnek Su Soğutma Kulesi (Su Soğutmalı Sistemlerde)**

Evaporatif soğutma (adyabatik soğutma), hava soğutmalı chiller kondenser giriş havasının nemle doyurularak yağ termometre sıcaklığına yaklaştırılması ile kondenser ve kompresör verimliliğinin artırılması, böylelikle işletme maliyetlerinin düşürülmesi işlemidir [2]. Hava soğutmalı chillerlerde yaygın olarak kullanılan evaporatif soğutma uygulamaları; ağ üzeri su spreyleme, doğrudan kanatlara su spreyleme, sisleme, evaporatif ped kullanımınıdır.



**Şekil 6. Örnek Ağ Üzeri Spreyleme**



**Şekil 7. Örnek Sisteme**



**Şekil 8. Örnek Evaporatif Pad Kullanımı**

Chiller simülasyon yazılımı; üretici firmanın standart özelliklerini belirleyerek, tanımlamış olduğu chillerlerin farklı koşullarda performans hesaplamalarının yapılması, isteğe uygun chillerlerin mevcut ürün yelpazesinden seçilmesi, seçilen chiller için evaporatif ve doğal soğutma verimlilik ve kazanç analizinin yapılmasını kapsamaktadır.

## 2. YAZILIM HESAPLAMA YAKLAŞIMLARI VE ALT YAPI

Chiller performans hesaplamaları için “ANSI/AHRI Standard 540-2004: Standard For Performance Rating Of Positive Displacement Refrigerant Compressors And Compressor Units” Standardı’nda belirtilen kompresör polinomial denklem (Polynomial Equation) kullanılmıştır [3].

## Makale

Polinomial denklem ile kompresörün farklı evaporasyon ve kondenzasyon sıcaklıkları için kapasite, motor gücü ve akımı için hesaplamaları yapılabilmektedir. Bu hesaplamalar için polinomial katsayılar kullanılmaktadır. Ancak polinomial denklem ve katsayılar her bir kompresör üreticisi firma tarafından farklı standartlarda (farklı evaporasyon, kondenzasyon sıcaklıkları, aşırı soğutma, kızgınlık değerlerinde) ya da firmaya özgün şartlar için verilmektedir. Dolayısıyla hesaplamalar için sadece bu katsayılar yeterli olmamaktadır. Yazılımın alt yapısında, farklı kompresör baz şartları için değişikliklere cevap verecek bir mühendislik hesaplama mantığı da gerekli olmaktadır. Bu mantığın geliştirilmesi için detaylı mühendislik analiz çalışması yapılmıştır.

Evaporatif soğutma performans hesaplamalarında Ashrae Fundamentals Chapter 6 Psychometrics [4] ve HVAC Systems And Equipment Chapter 41 Evaporative Air-Cooling Equipment [5] kaynakları temel alınmıştır. Farklı birçok sıcaklık için nemli hava özellikleri program tarafından birçok kez dinamik olarak hesaplanmaktadır.

Doğal soğutma performans hesaplamaları için kanatlı borulu ısı eşanjörlerinde  $\varepsilon$ -NTU yaklaşımı ile ısı

transferi hesaplamaları yapılmaktadır. Isı değiştirgeçlerinde hesaplamalar için temel yaklaşım Yunus Çengel, Heat Transfer, Chapter 13, Heat Exchangers kaynağı temel alınmıştır [6].

Hesaplamalarda kullanılan soğutucu akışkanların termodinamik verileri ve nemli hava psikrometrik verileri C++ yazılım dili bazlı dinamik bir DLL kütüphanesi olan Coolprop yazılımından üretilmektedir [7]. Yazılım alt yapısında C#, SQL, .Net, MVC, JQuery programlama dilleri kullanılmaktadır.

### 3. YAZILIM, GENEL ÖZELLİKLER VE HESAPLAMA METOTLARI

Yazılım; veri girişi, seçim tercihleri, ürün seçim listesi, ürün teknik bilgileri, evaporatif soğutma ve doğal soğutma uygulaması simülatörleri ile soğutma çevrimi entalpi-basınç/sıcaklık-entropi değerleri grafik gösterimi işlevsel bölümlerinden oluşmaktadır.

Yazılımda chiller kapasitesi ile kompresör beygir gücü ile ve su/su-salamura debisi ile olmak üzere üç temel hesaplama ve seçim metodu alternatifleri mevcuttur. Hesaplamalarda farklı ölçü birimleri kullanılabilir.

Şekil 9. Yazılım Kullanıcı Ön Arayüzü

#### 4. EVAPORATİF SOĞUTMA SİMÜLATÖRÜ UYGULAMASI

Belirlenen chiller için evaporatif soğutma uygulaması simülasyonu kullanılarak performans, enerji verimliliği ve maliyet hesaplaması yapılır. Ara yüz ekranında kullanıcıdan Şekil 10'da verilen bilgilerin girilmesi istenir.

- Evaporatif Soğutma Metodu: Bu kısımda kullanıcıdan evaporatif soğutma uygulama metodunu (ağ üzeri spreyleme, doğrudan spreyleme, sisleme, evaporatif ped (15 cm), evaporatif ped (10 cm) ve diğer) seçmesi istenir.
- Evaporatif Soğutma Verimliliği: Her bir seçeneğe karşılık gelen evaporatif soğutma metodu otomatik olarak bu kısma getirilir. Metod olarak "Diğer" seçilmesi halinde verimlilik değeri elle girilebilir. Bu değer 0-1 arasında bir değer olmak zorundadır.
- Evaporatif soğutma verimliliği kavramı ile ilgili yapılan hesaplamada kullanılan yaklaşım aşağıdadır:

$$\text{Evaporatif (Adyabatik) Soğutma Verimi: } \frac{T_{KT1} - T_{KT2}}{T_{KT1} - T_{YT}}$$

- Evaporatif Soğutma Ek Güç (Pompa, vb.) Gereksinimi (kw)
- Ortam Referans Bağıl Nem(%RH)
- Evaporatif Soğutma Tahmini Ortalama Günlük Çalışma Saati

- Set Değeri Aşan Her Derece Sıcaklık İçin Tahmini Çalışma Günü
- Referans Su Birim Fiyatı (€/m<sup>3</sup>)
- Referans Elektrik Enerjisi Birim Fiyatı (€/kWh)
- Evaporatif Soğutucu İlk Yatırım Maliyeti (€)

Analiz için hesaplama metodu set değeri aşan her bir derece için tek tek hesaplamaların dinamik olarak yapılmasıdır. Hesaplama aralığı set değeri, ekranda girilen hava sıcaklığı ile onun +10 °C üstüne kadar yapılır. Böylelikle tüm yükselen sıcaklık aralıkları için ortalaması alınmış detaylı bir analiz mümkün olur.

Analizde; psikometrik veriler ve hesaplamalar, chiller performans verileri ve hesaplamalar, evaporatif soğutma sonrası chiller performans verileri ve hesaplamalar, evaporatif soğutma öncesi ve sonrası arasında performans karşılaştırma olmak üzere dört bölümde detaylı analizler yapılmaktadır. Analiz sonucunda aşağıdaki temel veriler oluşturulmaktadır:

- Chiller tahmini ortalama soğutma kapasitesi artışı (%)
- Chiller tahmini ortalama enerji verimliliği artışı (%)
- Ortalama kompresör COP değerleri (evaporatif soğutma öncesi & sonrası)
- Ortalama chiller EER değerleri (evaporatif soğutma öncesi & sonrası)

**Evaporatif Soğutma Uygulaması Enerji Verimliliği Hesaplama Verileri**

|                                                               |                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------|
| Evaporatif Soğutma Metodu                                     | Ağ Üzeri Spreyleme |
| Evaporatif Soğutma Verimliliği                                | 0.70               |
| Evaporatif Soğutma Ek Güç (Pompa, vb.) Gereksinimi (kw)       | 0.00               |
| Ortam Referans Bağıl Nem (%RH)                                | 40.00              |
| Evaporatif Soğutma Tahmini Ortalama Günlük Çalışma Saati      | 3.00               |
| Set Değeri Aşan Her Derece Sıcaklık İçin Tahmini Çalışma Günü | 6.00               |
| Referans Su Birim Fiyatı (€/m <sup>3</sup> )                  | 1.50               |
| Referans Elektrik Enerjisi Birim Fiyatı (€/kWh)               | 0.15               |
| Evaporatif Soğutucu İlk Yatırım Maliyeti (€)                  | 1260               |

Şekil 10. Yazılım Evaporative Soğutma Arayüzü

## Makale

- Evaporatif soğutma için gerekli tahmini toplam su miktarı (m<sup>3</sup>)
- Tahmini toplam su tüketim harcaması (€)
- Tahmini toplam elektrik enerjisi kazancı (€)
- Evaporatif soğutma ile tahmini sistem kazancı toplamı (€)
- Evaporatif soğutma tahmini yatırım geri dönüş süresi (yıl)

Evaporatif soğutma uygulaması analizinin gerçek performans verileri ile karşılaştırılması amacıyla İzmir Gaziemir Hugo Boss tekstil tesislerinde 2009 yılının Temmuz ayından Ağustos ayına kadar yapılan çalışma [8] ele alınmıştır. Bilgiler şu biçimdedir:

1. Belirtilen periyot içerisinde ortam sıcaklığı 25 °C ile 39 °C arasında seyretmiştir. Ortalama kuru termometre sıcaklığı 33 °C, yaş termometre sıcaklığı 21,5 °C, bağıl nem RH %36'dır.
2. Evaporatif soğutma uygulaması ağı üzeri sisleme sistemi kullanılarak yapılmıştır.
3. Uygulama için iki adet nominal soğutma kapasitesi 600 kW ( $T_{hg}=36$  °C) olan chiller kullanılmıştır.

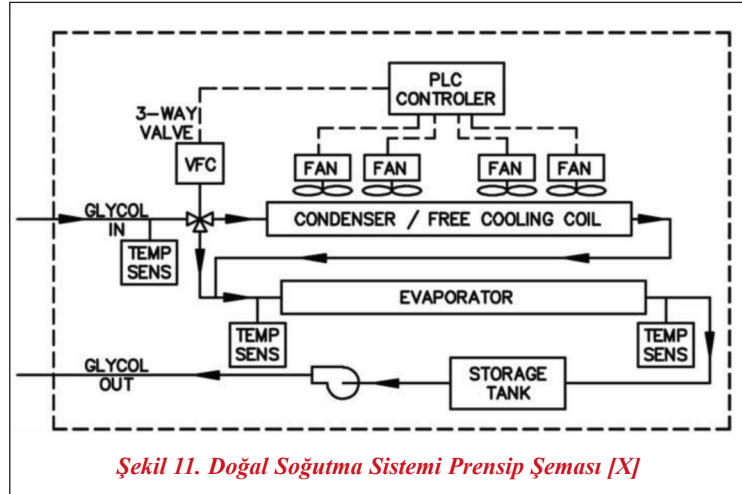
Tablo 1'de görüldüğü üzere çalışma sonucunda chiller enerji verimlilik oranı EER değerlerinin 2,96'dan 3,36'ya yük-

seldiği; soğutma kapasitesinin ise %5,9 arttığı bulunmuştur. Karşılaştırma, benzer ünite [9] kullanılarak evaporatif soğutma simülasyon uygulaması ile yapılmıştır. Tablo 1'de bu karşılaştırma da verilmiştir. Ölçüm değerleri ve evaporatif soğutma analizi arasında uyumluluk mevcuttur.

## 5. DOĞAL SOĞUTMA SİMÜLATÖRÜ UYGULAMASI

Belirlenen chiller için doğal soğutma uygulaması simülasyonu kullanılarak performans, enerji verimliliği ve maliyet hesaplaması yapılır.

Doğal soğutmada farklı yöntemler kullanılsa da temel prensip Şekil 11'de gösterildiği gibidir.



Şekil 11. Doğal Soğutma Sistemi Prensip Şeması [X]

Tablo 1. Ölçüm ve Yazılım Değerleri Karşılaştırması

|                                     | Ölçüm   | Yazılım<br>(Tek sıcaklık<br>değeri için) | Yazılım<br>(33 °C – 43 °C sıcaklık<br>değerleri arası için<br>ortalama) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Chiller (E.S uygulaması Yok)</b> |         |                                          |                                                                         |
| Kondenser hava giriş sıcaklığı      | 33 °C   | 33 °C                                    | 33 °C – 43 °C                                                           |
| Soğutma Kapasitesi                  | 659 kW  | 649,6 kW                                 | 649,6 - 562,4 kW                                                        |
| ToplamGüç                           | 223 kW  | 192,7 kW                                 | 192,7 - 226,4 kW                                                        |
| EER                                 | 2,96    | 3,37                                     | 2,92 (3,37 - 2,49)                                                      |
| <b>Chiller (E.S uygulaması Var)</b> |         |                                          |                                                                         |
| Kondenser hava giriş sıcaklığı      | 25,5 °C | 26,09 °C                                 | 26,09 - 34,63 °C                                                        |
| Soğutma Kapasitesi                  | 698 kW  | 702,1 kW                                 | 702,1 – 636,2 kW                                                        |
| ToplamGüç                           | 208 kW  | 175,3 kW                                 | 175,3 – 197,5 kW                                                        |
| EER                                 | 3,36    | 4,00                                     | 3,61 (4,00 – 3,22)                                                      |
| <b>Soğutma Kapasitesi Artışı</b>    | % 6     | % 8                                      | % 10,4                                                                  |
| <b>Enerji Verimlilik Artışı</b>     | % 7     | % 9                                      | % 10,8                                                                  |

Yazılımda doğal soğutma uygulaması simülasyonu ara yüzü üç kısımdan oluşmaktadır:

2. Karşılaştırma için chiller verileri ve hesaplamaları
3. Enerji verimliliği hesaplamaları

1. Doğal soğutucu verileri ve hesaplamaları

## 6. DOĞAL SOĞUTUCU VERİLERİ VE HESAPLAMALARI

| DOĞAL SOĞUTUCU VERİLERİ VE HESAPLAMALARI |                       |
|------------------------------------------|-----------------------|
| Doğal Soğutma Metodu                     | D. Soğutma Eşanjörü   |
| Doğal Soğutma Yüğü                       | 100%                  |
| Boru Geometrisi                          | 3228CS-Çapraz Diziliş |
| Boru Malzemesi ve İç Formu               | Bakır-Yivsiz          |
| Boru Dış Çapı                            | 12.7                  |
| Boru Kalınlığı                           | 0.35                  |
| Boru Sayısı                              | 66                    |
| Sıra Sayısı                              | 2                     |
| Devre Sayısı                             | 50                    |
| Lameller Arası Mesafe (Hatve)            | 2.5                   |
| Lamel Dizili Uzunluk                     | 7300                  |
| Lamel Dizili Yükseklik                   | 2095.5                |
| Lamel Malzemesi ve Formu                 | Alüminyum-Dalgali     |
| Lamel Kalınlığı                          | 0.12                  |
| Hava Debisi                              | 27000                 |
| Hava Giriş Sıcaklığı                     | 5                     |
| Sıvı Giriş Sıcaklığı                     | 15                    |
| Sıvı Çıkış Sıcaklığı                     | 10                    |
| Doğal Soğutma Hesaplanan Kapasitesi      | 485.90                |
| Transfer Yüzey Alanı                     | 612.02                |
| Boru İç Hacmi                            | 108.88                |

Şekil 12. Yazılım Doğal Soğutucu Verileri ve Hesaplamaları Ara Yüzü

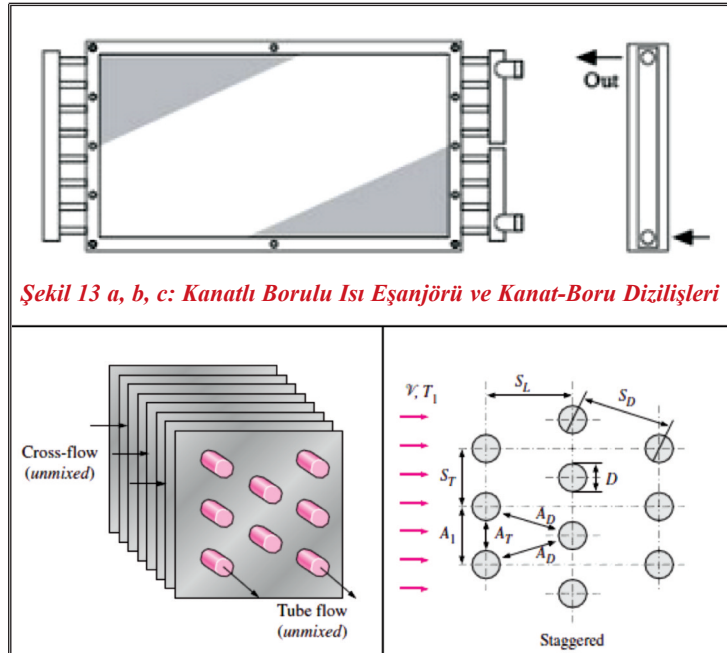
- Girilecek veriler ve hesaplanan veriler aşağıda belirtilmiştir:

### a. Veriler:

- Doğal Soğutma Metodu: Kanatlı borulu ısı değiştirgeci, kuru soğutucu, su soğutma kulesi
- Doğal Soğutma Yüğü: %100 yük, kısmi yük
- Boru Geometrisi
- Boru Malzemesi ve Boru İç Formu
- Boru Dış Çapı
- Boru Kalınlığı
- Boru Sayısı
- Sıra Sayısı
- Devre Sayısı
- Lameller Arası Mesafe (Hatve)
- Lamel Dizili Uzunluk
- Lamel Dizili Yükseklik
- Lamel Malzemesi ve Lamel Formu
- Lamel Kalınlığı
- Hava Debisi
- Hava Giriş Sıcaklığı
- Su/Su-Salamura Giriş Sıcaklığı
- Su/Su-Salamura Çıkış Sıcaklığı

### b. Hesaplananlar:

- Doğal Soğutma Hesaplanan Kapasitesi
- Transfer Yüzey Alanı
- Boru İç Hacmi



Şekil 13 a, b, c: Kanatlı Borulu Isı Eşanjörü ve Kanat-Boru Dizilişleri

**Makale****6.1. Karşılaştırma İçin Chiller Verileri ve Hesaplamaları**

| KARŞILAŞTIRMA İÇİN CHILLER VERİLERİ VE HESAPLAMALARI |       |                                                   |              |
|------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|--------------|
| Soğutucu Akışkan                                     | R407C | Gerekli Chiller Kapasitesi                        | 500 kW       |
| Chiller Kondenzasyon Sıcaklığı                       | 25    | Verilen Şartlarda Chiller Toplam Gücü             | 79.18 kW     |
| Evaporasyon Sıcaklığı                                | 5     | Chiller EER                                       | 6.31         |
| Aşırı Soğutma                                        | 5     | Chiller Çalışması Varsayımı Top. Enerji Harcaması | 76012.80 kWh |
| Kızgınlık                                            | 5     | Chiller Çalışması Varsayımı Top. Enerji Bedeli    | 11401.92 €   |

**Şekil 14. Yazılım Chiller Verileri ve Hesaplamaları Ara Yüzü**

• Girilecek veriler ve hesaplanan veriler aşağıda belirtilmiştir:

**a. Veriler:**

- Soğutucu Akışkan
- Chiller Kondenzasyon Sıcaklığı
- Evaporasyon Sıcaklığı
- Aşırı Soğutma
- Kızgınlık

**b. Hesaplananlar:**

- Gerekli Chiller Kapasitesi
- Verilen Şartlarda Chiller Toplam Gücü
- Chiller EER
- Chiller Çalışması Varsayımı Top. Enerji Harcaması
- Chiller Çalışması Varsayımı Top. Enerji Bedeli

**a. Veriler:**

- Tahmini Yıllık Çalışılan Ay
- Tahmini Aylık Çalışma Günü
- Tahmini Günlük Çalışma Saati
- Enerji Birim Fiyat

**b. Hesaplananlar:**

- Toplam Fan Gücü
- Tahmini Yıllık Toplam Çalışma Günü
- Tahmini Yıllık Topam Çalışma Saati
- Doğal Soğutucu EER
- Toplam Fan Enerji Harcaması
- Doğal Soğutucu Toplam Enerji Bedeli
- Doğal Soğutucu Enerji Verimliliği Kazancı (Yıllık)
- Doğal Soğutucu İlk Yatırım Bedeli
- Doğal Soğutucu Yatırım Geri Dönüşüm Süresi

**6.2. Doğal Soğutucu İle Enerji Verimliliği Hesaplamaları**

• Girilecek veriler ve hesaplanan veriler aşağıda belirtilmiştir:

Doğal soğutucu uygulaması ile elde edilecek kazanç, uygulama şartlarına göre farklılık gösterdiği için birebir karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak ısı değıştirici batarya kapasite hesapları benzer yazılım ve sonuçlar ile karşılaştırılarak uyumluluk gözlenmiştir.

| DOĞAL SOĞUTUCU İLE ENERJİ VERİMLİLİĞİ HESAPLAMALARI |         |                                     |           |
|-----------------------------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------|
| Tahmini Yıllık Çalışılan Ay                         | 4       | Enerji Verimliliği Kazancı (Yıllık) | 8015.04 € |
| Tahmini Aylık Çalışma Günü                          | 15      | Enerji Verimliliği Kazancı (Yıllık) | 71.30 %   |
| Tahmini Günlük Çalışma Saati                        | 16      | Doğal Soğutucu İlk Yatırım Bedeli   | 5281.88 € |
| Tahmini Yıllık Çalışma Günü                         | 60      | Yatırım Geri Dönüşüm Süresi         | 1.52 Yıl  |
| Tahmini Yıllık Çalışma Saati                        | 960     |                                     |           |
| Toplam Fan Gücü                                     | 22.4    |                                     |           |
| Enerji Birim Fiyat                                  | 0.15    |                                     |           |
| Doğal Soğutucu EER                                  | 1.12    |                                     |           |
| Toplam Fan Enerji Harcaması                         | 21504   |                                     |           |
| Doğal Soğutucu Toplam Enerji Bedeli                 | 3225.60 |                                     |           |

**Şekil 15. Yazılım Doğal Soğutucu ile Enerji Verimliliği Hesaplamaları Ara Yüzü**

## 7. SONUÇ

Verimliliği arttırmak ve böylece birim maliyeti en düşük düzeye indirmek günümüzün rekabetçi ortamında en can alıcı noktadır. İklimlendirme ve tesisat sektörü içerisinde yer alan mühendislerin üretim, proje ve uygulamalarında yukarıda tanımlanan evaporatif ve doğal soğutma uygulamalarının kullanımını yaygınlaştırması ile birlikte işletmelerimizde verimlilik artacak ve ülke olarak rekabet gücümüz yükselecektir. Bu sistemlerin aynı zamanda çevreci sistemler olduğu akıldan çıkartılmamalıdır.

Yazılım gerek ürünü tasarlayan ve imal eden, gerekse ürün tesisat projelendirmesini yapan mühendisler açısından önemli bir analiz aracıdır. Kısa sürede detaylı hesaplamalar ve analizler yapmak vasıtasıyla mühendislik zamanlarının etkin biçimde kullanılmasını sağlarken; enerji verimli ürün üretimi ve kullanımını destekleyecek veriler üretmektedir. Yazılımın yeni versiyon çalışmaları sürekli devam etmektedir. Bir sonraki aşamada, kullanıcı firmanın standart olarak belirlediği kuru soğutucular kütüphanesinden seçim yapılması ve entegre verimlilik hesabı olması planlanmaktadır.

## 8. KAYNAKLAR

- [1] De Saulles,T., BSRIA Guide: Free Cooling Systems, BSRIA Yayın No. BG 8/2004, 2004.
- [2] ACÜL, H., Kuru Soğutuculu Doğal Soğutma Uygulamaları ile Binalarda Enerji Verimliliği, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, 2009.
- [3] ANSI/AHRI Standard 540-2004 Standard For Performance Rating Of Positive Displacement Refrigerant Compressors And Compressor Units.
- [4] ASHRAE Fundamentals Chapter 6 Psychrometrics.
- [5] ASHRAE HVAC Systems And Equipment Chapter 41, Evaporative Air-Cooling Equipment.
- [6] Çengel Y., Heat Transfer: A Practical Approach, Mcgraw-Hill, 2002.
- [7] Thermophysical Property Library.
- [8] Bekir Cansevdi, Umit Calli, Arif Hepbaşlı Improving the Energy Performance of Air-Cooled Chillers with Water-Spray Mist Pre-Cooling: An Application, The 10th REHVA World, Clima 2010.
- [9] VB VSA 684/2, Hava Soğutmalı Chiller Modeli.