

# YIL BOYUNCA SOĞUTMA SUYU KULLANAN TESİSLER İÇİN ENERJİ EKONOMİSİ

**Bekir CANSEVDİ**  
**Özay AKDEMİR**  
**Ali GÜNGÖR**

## ÖZET

Enerji dünyamızdaki kıt kaynaklardan biridir. Bilinen fosil yakıtlı enerji kaynaklarının dünyamızda ki azalma sürecinin başladığı bilinen bir gerçektir.

Fosil kaynaklı yakıt türlerinin azalması ile birlikte elektrik enerjisinde olmak üzere enerji maliyetlerinde ciddi artışlar beklenmektedir. Yüksek performanslı ve işletme maliyeti düşük cihazların geliştirilmesi bütün dünyanın uğraşısıdır.

Bu çalışmalardan bir kısmı da soğutma suyu kullanan tesislerde soğutma suyunun maliyetinin düşürülmesidir. Bu bildiri de işletme maliyetlerinde ciddi tasarruflar sağlayan doğal soğutmalı sulu ekonomizer çevrimler "i (free cooling ) tanıtılmaktadır.

Dünyada sulu ekonomizer çevrimli sistemlerinin birçok uygulaması bulunmaktadır. Bu çalışmada sulu ekonomizer çevrim sistemlerinin genel tanıtımı yapılmakta ve bunların özel bir uygulaması olan soğuk su üreten cihazlarda sulu ekonomizer çevriminin kullanımı hakkında bilgi verilmektedir. Bu sistemlerin muhtelif dünya şehirlerinde yapılan uygulamalarında sağlanan tasarruf oranları verilmekte ve Türkiye koşulları dikkate alınarak bazı büyük illerimizde bu sistemlerin uygulanması durumu incelenerek sağlanabilecek enerji tasarruf oranları belirlenmektedir. Doğal soğutma sistemlerinin Ülkemizin bir çok şehrinde uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Doğal soğutma, sulu ekonomizer

## ABSTRACT

Energy is one of the insufficient sources in the world. It was exactly known that the decreasing period of the fossil fuel sources are started.

Increasing in the energy costs almost in the electricity prices are expecting with decreasing fossil fuel sources. Designing high performance and low working cost equipments are target of the world.

One of these study is decreasing the chilled water costs in the plants which are using chilled water. In this paper, water cooled free cooling cycles which are saving serious costs are going to be introduced.

There are a lot of water side economizer applications methods are found in the world. In this study, firstly water side economizers are generally summarized and information about supplying chilled water using water side economizer which is one of the special applications is given. Saving ratios of this system which are applied in several European cities are given and also applications of this system in some of our big cities are investigated by using Turkey conditions and energy saving ratios are obtained. Free cooling systems are found applicable for most of the cities in our country.

**Keywords:** Free cooling, water side economizers

## 1. GİRİŞ

İklimlendirme sistemleri ve endüstriyel amaçlar için soğuk suyun hazırlanmasında kullanılan cihazların (Chiller) soğutma yükü kapasitelerinin düşürülmesi veya işletme maliyetlerinin azaltılması değişik ekonomizer çevrimlerinin kullanılması ile sağlanabilmektedir. Su tarafına uygulanan ekonomizer çevrimleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

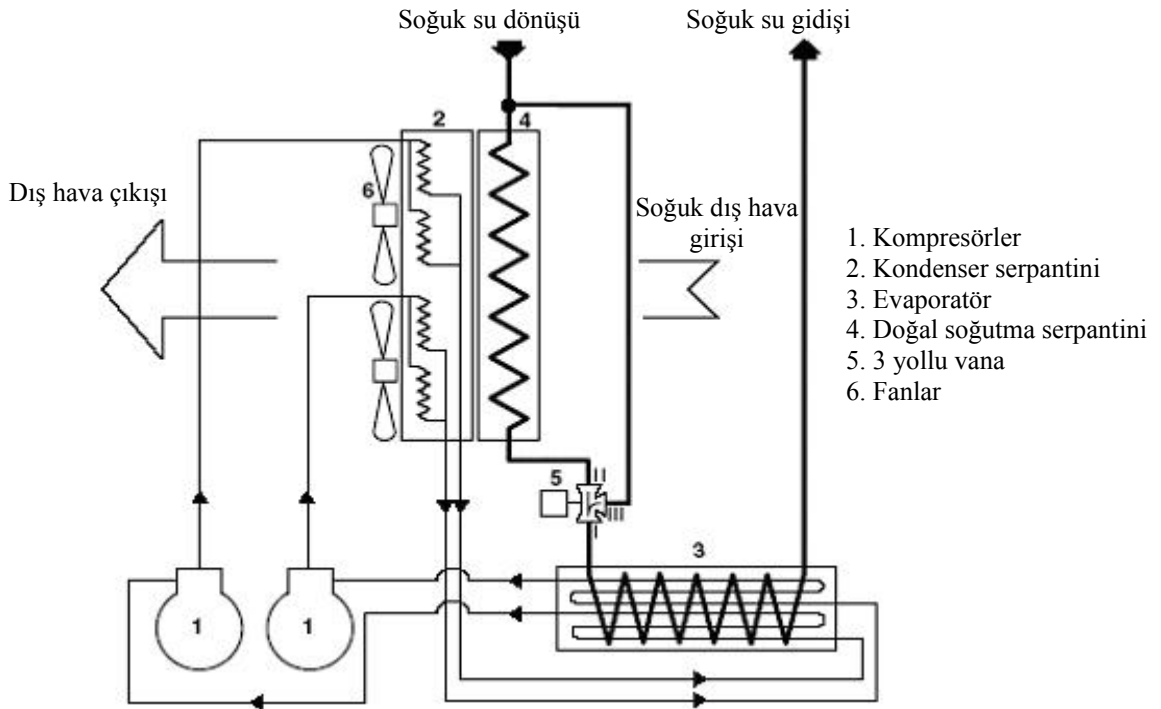
**1. Dış havalı sulu ekonomizer çevrimi:** Eğer dış hava sıcaklığı sistem soğuk su dönüş sıcaklığının en az 2°C ve daha fazla altında ise, dış hava serpantini kullanımı ile, dış hava ile soğuk su dönüş sıcaklığı ön soğutulur veya tamamıyla soğutulur. Bu tip bir uygulama Şekil 1'de verilmektedir.

Dış sıcaklık değerleri uygun olduğunda otomatik kontrol sisteminden alınan uyarıyla üç yollu vana doğal soğutma serpantininden ön soğutulacak soğutma suyunun geçmesine izin verir. Doğal soğutmadan yararlanma süresince de açık kalır. Dış sıcaklık değerleri arttığında ise dönüş soğuk suyu direkt olarak evaporatör serpantinine üç yollu vana aracılığıyla yönlendirilir [1,2].

Doğal soğutmalı sulu ekonomizer çevrimleri üç çalışma moduna sahiptir.

1. Mekanik soğutma
2. Kısmi doğal soğutma
3. Toplam doğal soğutma Soğutma suyunun soğutma yükü tamamen doğal soğutmayla sağlanıyorsa *toplam doğal soğutma*, tamamen kompresör devresiyle sağlanıyorsa *mekanik soğutma* ve soğutma suyunun ön soğutması doğal soğutmayla sağlanıyorsa *kısmi doğal soğutma* olarak adlandırılır.

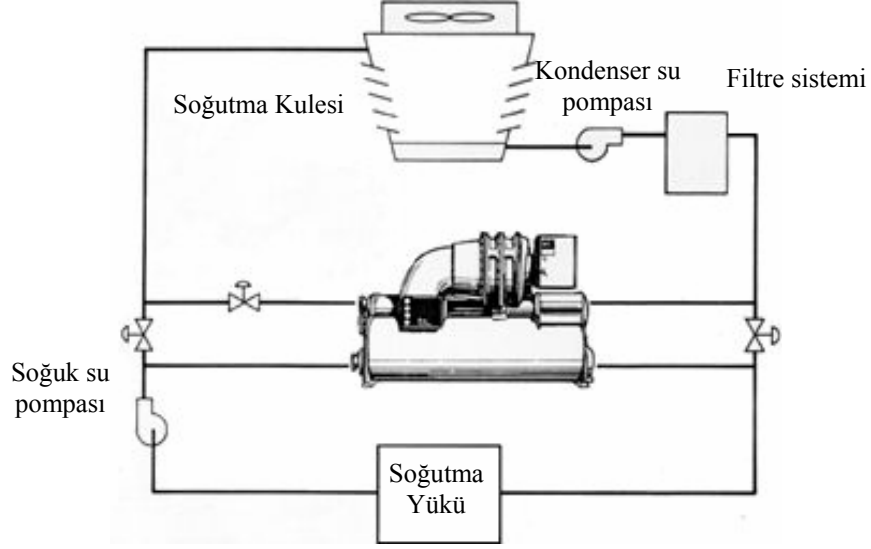
Soğuk suyun ne oranda dış havayla soğutulacağı, çevre havası sıcaklığına, soğuk su dönüş su sıcaklığına ve toplam soğutma yüküne bağlıdır.



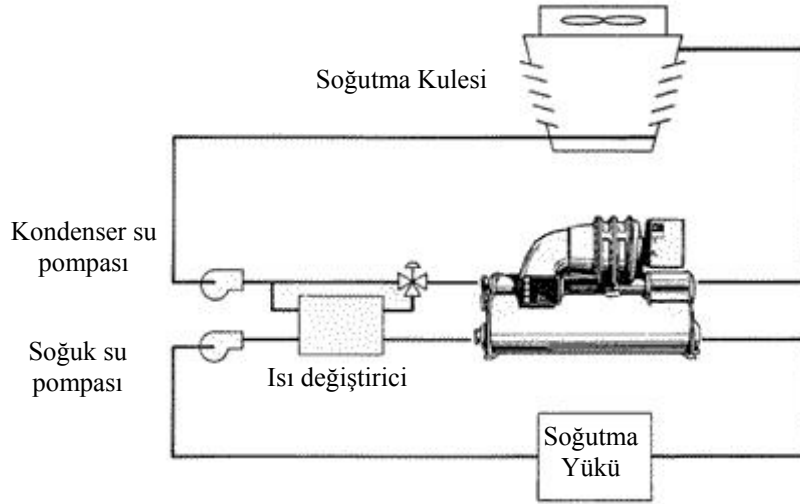
Şekil 1. Dış havalı sulu ekonomizer çevrimi [1]

**2. Soğutma kulesi suyu kullanan sulu ekonomizer çevrimi (Strainer cycle):** Bu çevrimde eğer sistemde mevcut soğutma kuleleri varsa soğutma kulesi çıkışındaki su sıcaklıkları tesiste gereksinim duyulan soğuk su gidiş sıcaklığına eşit veya düşük ise soğutma kulesi suyu direkt olarak yükün karşılanmasında kullanılmaktadır. Bu durumda soğutma kulesi suyunun bir filtre sisteminden(strainer)

veya ısı değiştirciden geçirilmesi gerekir. Eğer soğutma kulesi çıkış suyu sıcaklıkları uygun değil ise soğutma yükü buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi ile sağlanır. Bu evrimin uygulama şeması şekil 2'de gösterilmektedir [3,4].



(a) Filtre sistemli (strainer)



(b) Isı değiştiricili

**şekil 2.** Soğutma kulesi çıkış suyu kullanan sulu ekonomizer evrimi

Bu tip sistemin uygulanabilirliği dış hava zelikleriyle de direkt olarak ilgilidir. Soğutma kulesinde soğuk su üretimi dış havanın özelikle yaş termometre sıcaklığına bağlıdır.

Dış hava veya soğutma kulesi çıkış suyu kullanan sulu ekonomizerli sistemlerin avantajları;

- Soğutma suyunun n soğutulması doğal soğutmayla sağlanarak kompresör gücü azaltılmaktadır
- Eğer dönüş havası kışın gereken nem değerini içeriyorsa hacim nemlendirmesi gerekmeyebilmektedir
- Hava kanallarına ihtiyaç duyulmamaktadır
- Sistemler kompakt olarak merkezi yapılabilmekte ve az yer işgal etmektedir

- Kontrol sistemleri çok karmaşık değildir
  - Ekonomizerler mekanik olarak temizlenebilmektedir
- dezavantajları;
- Soğutma kulesi suyunun temizlenmesi maliyeti artırmaktadır
  - Hava tarafındaki basınç kayıpları artmaktadır
  - Kondenser su pompasının kapasitesi artmaktadır
  - Soğutma kulesi kış koşullarında çalışabilecek şekilde tasarlanmalıdır
  - Soğutma kulesi kış koşullarında da çalışacağı için ömrü azalmaktadır

şeklinde özetlenebilir [5].

## 2. DIŞ HAVALI SULU EKONOMİZER ÇEVİRİMİ

Yıl boyu soğutma yapan tesislerde kış aylarında ihtiyaç duyulan soğuk suyun doğal soğutma metodu ile sağlanmasının soğuk su hazırlama maliyetlerinde ciddi tasarruflar sağladığı yapılan birçok çalışmayla belirlenmiştir [1].

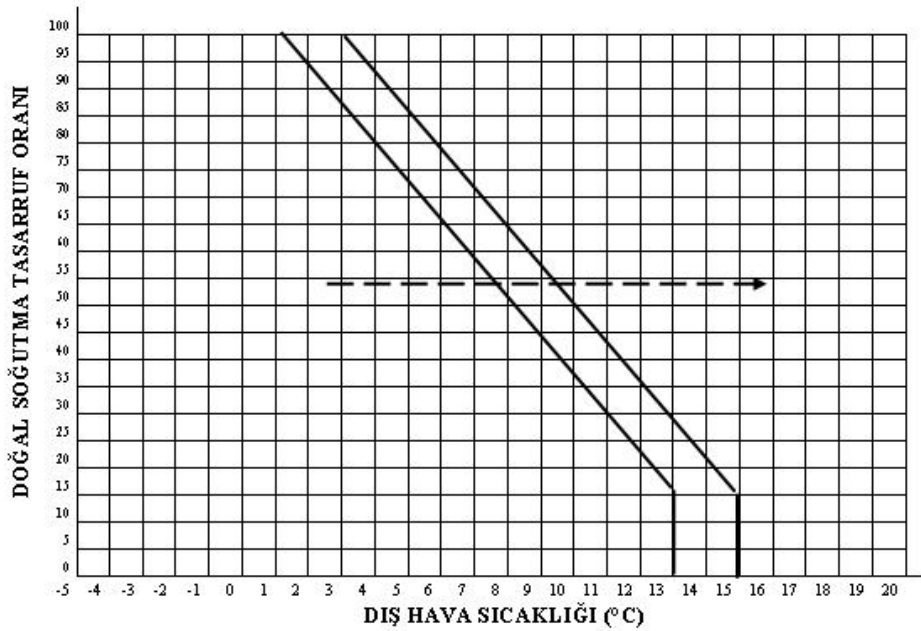
Doğal soğutma sistemine etki eden faktörler;

- Isı atılan kaynağın sıcaklığı
- Soğutma sistemi sıcaklık set değeri
- Sistemin tasarımı
- Kontrol sistemi

olarak sıralanabilir. Bu faktörler ayrı ayrı değerlendirildiğinde;

Isı atılan kaynağın sıcaklığı: Bölgenin iklim koşulları ile direkt olarak ilgilidir ve müdahale edilme şansı yoktur.

Soğutma sistemi sıcaklık set değeri: Bu değer artırılıp daha yüksek dış hava sıcaklıklarında doğal soğutma işlemi başlatılarak Şekil 3'de görüldüğü gibi tasarruf miktarı artırılabilir.

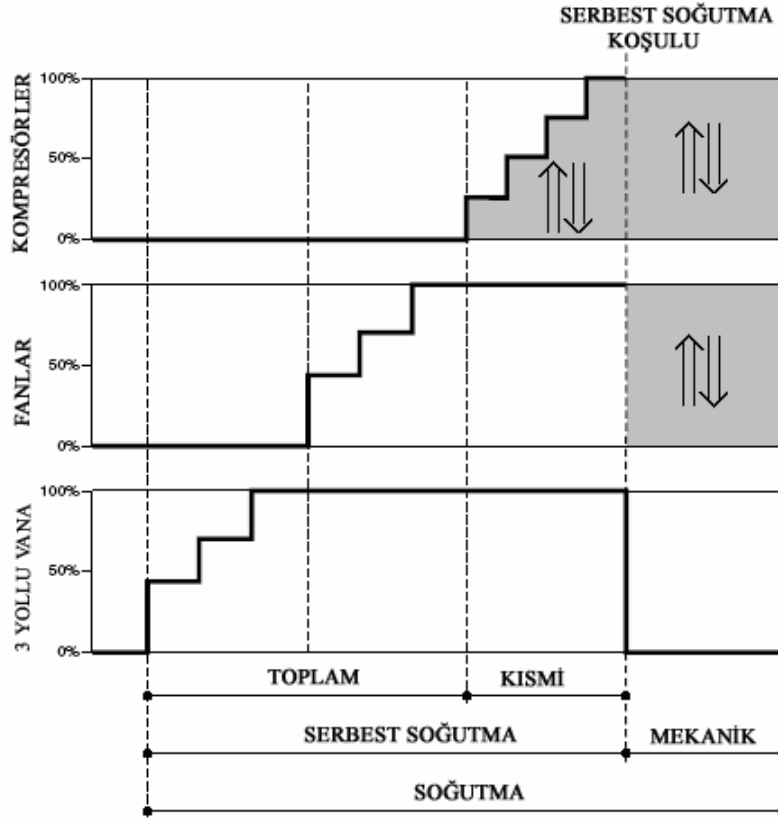


Şekil 3. Doğal soğutma ile yapılan tasarruf miktarı [1]

Sistemin tasarımı: Isı alınan kaynağın yapısına göre yapılacak düzenlemeler ve ısı atılan kaynağın tipi veya sıcaklığına bağlı olarak kullanılacak ekipmanlar ile doğal soğutma ile yapılan tasarruf miktarı artırılabilir.

Kontrol sistemi: Isı atılan kaynağa göre uygulanabilirliği değişkenlik gösteren kontrol sistemi de doğal soğutma ile yapılan tasarruf miktarını artırabilir.

Şekil 4'de örnek bir doğal soğutmalı dış havalı sulu ekonomizer çevriminin kontrol senaryosu anlatılmaktadır. Bu şekilde görüldüğü üzere mekanik soğutma esnasında soğutma yüküne ve ısı atılan kaynağın sıcaklığına bağlı olarak kompresör ve fanların çalışması etkin bir şekilde kontrol edilerek verimli bir çalışma sağlanmaktadır. Kısmi doğal soğutma çalışmaya başlatıldığı süreçte fanlar tam kapasite çalıştırılarak kompresörün çalışma süresi azaltılmak sureti ile enerji tasarrufu yapılmaktadır. %100 doğal soğutma yapılması durumunda ise soğutma ihtiyacının karşılanması durumunda fanların çalışması azaltılarak enerji tasarrufuna gidilir. %100 doğal soğutma esnasında soğutma kapasitesi fanların durmasına rağmen fazla gelmesi durumunda üç yollu vana oransal bir kontrol yaparak prosesteki su şartlarının korunmasını sağlar [1].

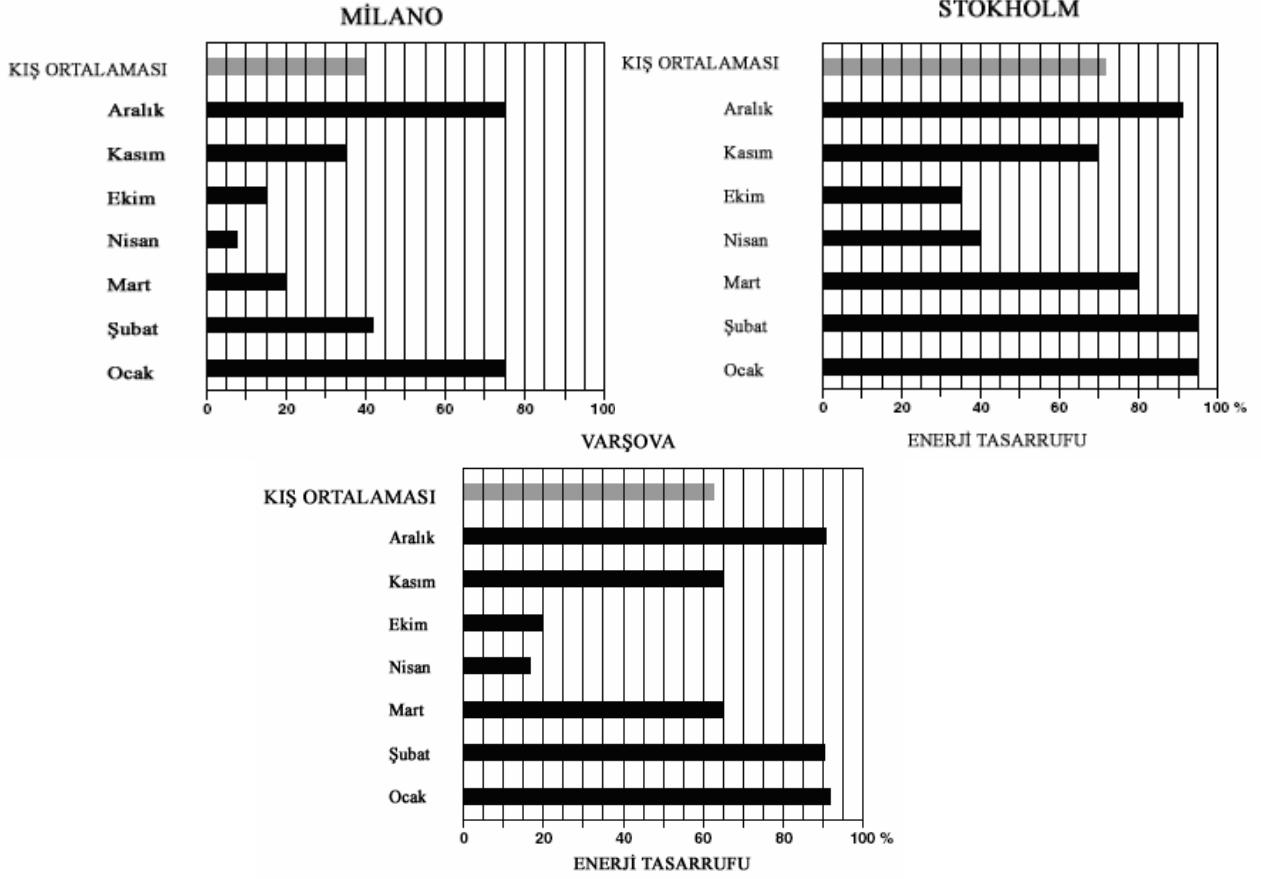


Şekil 4. Dış havalı sulu ekonomizer sistemi için örnek kontrol mantığı [1]

Yukarıda açıklamaya çalıştığımız çeşitli faktörler değiştirilerek doğal soğutma sistemleri düzenlenebilir ve bu sistemler ile değişik miktarlarda tasarruf elde edilebilir. Sistem bazındaki doğal soğutma tasarruflarının, sistemlerin diğer faktörlerinin etkileri göz önüne alınarak proje bazında bir fizibilite yapılarak incelenmesi hem mevcut soğutma sistemi olan tesisler için hem de yeni kurulacak olan tesisler için önem teşkil etmektedir.

Bu araştırmada yaygın kullanımı olan hava soğutmalı kondenserli su soğutma sistemlerinin doğal soğutma içeren hava soğutmalı sistemler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu sistemlerle elde edilen tasarruf miktarlarının kış ortalaması; soğuk iklim kuşağındaki bölgelerde %75 mertebesinde, ülkemiz iklim kuşağı ile benzer karakter gösteren Milano'da ise %40 civarındadır. Değişik Avrupa şehirleri için

doğal soğutmalı sistemlerde elde edilen tasarruflar Şekil 5'de gösterilmiştir. Ülkemizin değişik bölgelerinde seçilen örnek iller için hangi miktarlarda tasarruf yapılabileceği konusu incelenmiş ve sonuçlar grafikler halinde verilmiştir.



**Şekil 5.** Değişik Avrupa ülkelerinde yapılan doğal soğutmalı sistemlerde elde edilen aylık enerji tasarrufları [1]

### 3. DIŞ HAVALI SULU EKONOMİZER ÇEVİRİMİNİN ÜLKEMİZ KOŞULLARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Dış havalı sulu ekonomizer çevriminin değerlendirilmesi için aynı kompresör, aynı soğutucu akışkan, aynı kumanda senaryosuna sahip doğal soğutmalı ve hava soğutmalı iki cihaz karşılaştırılmıştır. Ayrıca bir fikir vermesi açısından karşılaştırmaya, diğerleri ile aynı tip kompresör ve soğutucu akışkana sahip su soğutmalı kondenserli bir cihaz da dahil edilmiştir.

Bu araştırmamızda örnek olarak alınan iller İzmir, İstanbul ve Ankara'dır. Bu illerimizdeki aylık düşük sıcaklık ortalaması; ilgili ile ait gece boyu sıcaklık değeri olarak, yüksek sıcaklık ortalaması ise; gün boyu sıcaklık değeri olarak alınmıştır. Bütün illerimizde gündüz ve gece uzunlukları birbirine yakın olması nedeni ile aynı alınmıştır [6].

Bu karşılaştırma tamamen üretilen cihazların performans karakteristikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İzmir, İstanbul ve Ankara illeri için sonuçlar Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.

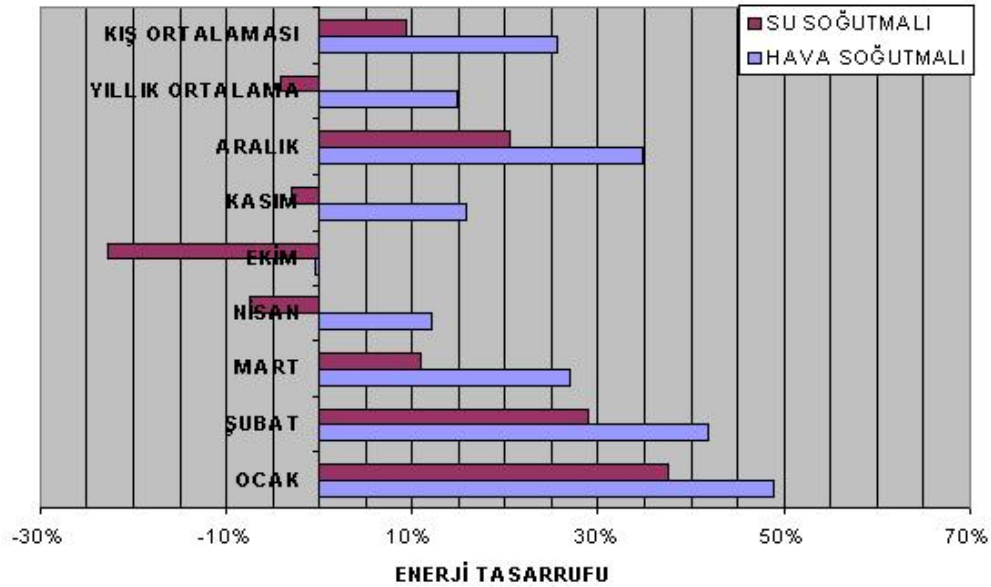
Proseste istenilen soğutma kapasitesi : 1.625kW  
Kapasite kullanım oranı : %100 (fabrika, sistem odası, telekom santralleri v.b.)  
Proses günlük çalışma süresi : 24 saat  
Proseste istenilen su rejimi : 10-15°C  
Minimum gece uzunluğu : 9,31 saat  
Maksimum gece uzunluğu : 14,69 saat

### 3.1. İzmir ili için hesaplama sonuçları

Minimum dış hava sıcaklığı	:	5,6°C
Maksimum dış hava sıcaklığı	:	33°C
Yıllık enerji tüketim miktarı*	:	4.207.680 kW
Yıllık tasarruf miktarı*	:	625.549 kW
Yıllık tasarruf oranı*	:	15%
Yapılan tasarrufun parasal karşılığı*	:	50.044 €

\* Hava soğutmalı su soğutma grubuna ait değerlerdir.

#### İZMİR KIŞ AYLARI ENERJİ TASARRUFU



Şekil 6. Kış aylarında İzmir'de sağlanacak enerji tasarrufu

Doğal soğutma içeren su soğutma cihazları İzmir şartlarında hava soğutmalı kondenserli sistemlere göre yıllık işletme giderlerinde yaklaşık % 15 tasarruf sağlanmakta ve su soğutmalı kondenserli cihazlara yaklaşık olarak başa baş bir işletme maliyetine sahip olmaktadır. Su soğutmalı kondenserli sistemlerin zorlukları ve sorunları dikkate alındığında aynı işletme maliyeti ile doğal soğutmalı havalı sulu ekonomizer çevrimleriyle temiz ve rahat bir soğutma yapılabilmektedir.

Yapılan tasarrufun parasal karşılığı, doğal soğutmalı cihazlar ile hava soğutmalı cihazlar arasındaki tesis maliyet farkını da bir kış sezonunda geri ödeyebilmektedir.

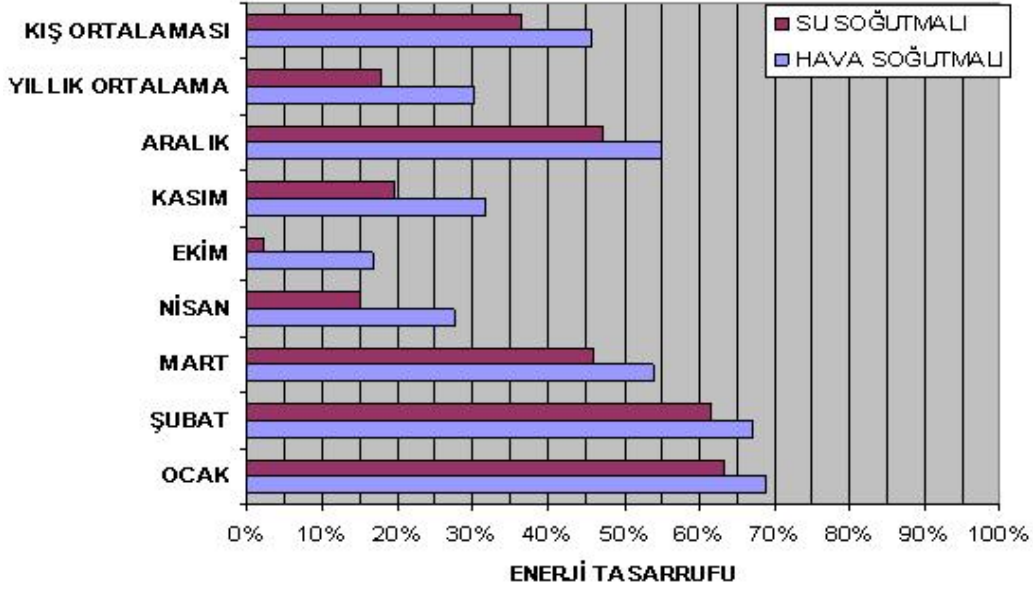
Bir başka bakışta, yapılan tasarruf ile doğal soğutmalı bir sistem yatırımı takriben 3~4 yılda kendini amorti edebilmektedir.

### 3.2. İstanbul İli İçin Hesaplama Sonuçları

Minimum dış hava sıcaklığı	:	2,8 °C
Maksimum dış hava sıcaklığı	:	28,5 °C
Yıllık enerji tüketim miktarı*	:	4.080.672 kW
Yıllık tasarruf miktarı*	:	1.228.887 kW
Yıllık tasarruf oranı*	:	30 %
Yapılan tasarrufun parasal karşılığı*	:	98.311 €

\* Hava soğutmalı su soğutma grubuna ait değerlerdir.

#### İSTANBUL KIŞ AYLARI ENERJİ TASARRUFU



Şekil 7. Kış aylarında İstanbul'da sağlanacak enerji tasarrufu

Doğal soğutma içeren su soğutma cihazları İstanbul şartlarında hava soğutmalı kondenserli sistemlere göre yıllık işletme giderlerinde yaklaşık % 30 tasarruf, su soğutmalı kondenserli cihazlara görede %15 tasarruf sağlamaktadır.

Yapılan tasarrufun parasal karşılığı doğal soğutmalı cihazlar ile hava soğutmalı cihazlar arasındaki tesis maliyet farkını da kış sezonu bitmeden birkaç ayda geri ödeyebilmektedir.

Bir başka bakışta, yapılan tasarruf ile doğal soğutmalı bir yatırım takriben 1~2 yılda kendini amorti edebilmektedir.

### 3.3. Ankara İli İçin Hesaplama Sonuçları

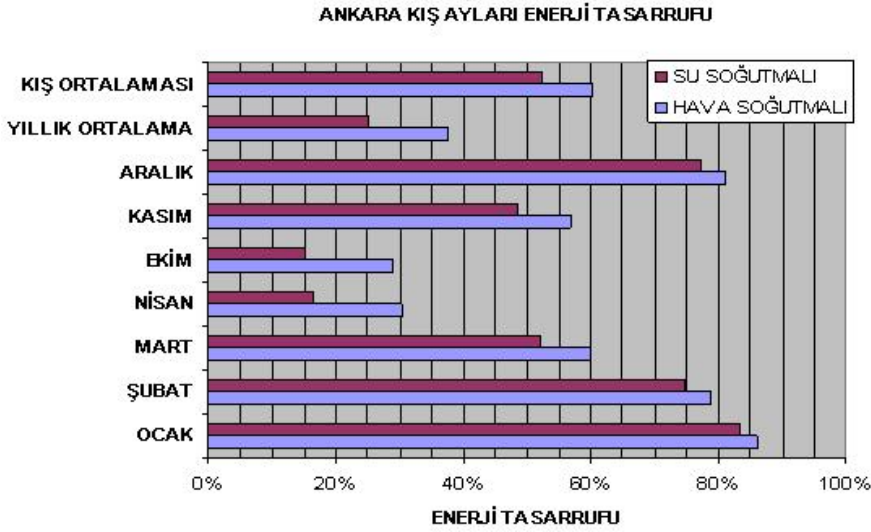
Minimum dış hava sıcaklığı	:	-3,5 °C
Maksimum dış hava sıcaklığı	:	30 °C
Yıllık enerji tüketim miktarı*	:	4.094.496 kW
Yıllık tasarruf miktarı*	:	1.542.329 kW
Yıllık tasarruf oranı*	:	38 %
Yapılan tasarrufun parasal karşılığı*	:	123.386 €

\* Hava soğutmalı su soğutma grubuna ait değerlerdir.

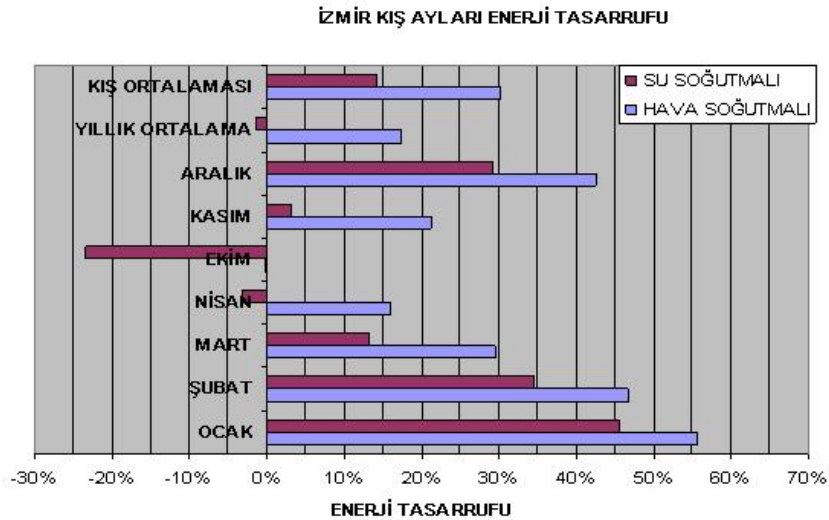


Doğal soğutma içeren su soğutma cihazları Ankara şartlarında hava soğutmalı kondenserli sistemlere göre yıllık işletme giderlerinde yaklaşık % 37 tasarruf, su soğutmalı kondenserli cihazlara göre %25 tasarruflu işletme maliyetine sahiptir.

Yapılan tasarrufun parasal karşılığı doğal soğutmalı cihazlar ile hava soğutmalı cihazlar arasındaki tesis maliyeti farkını bir kış sezonu bitmeden bir kaç ayda geri ödeyebilmektedir. Bir başka bakışta, yapılan tasarruf ile doğal soğutmalı bir yatırım takriben 1 yıldan biraz fazla bir sürede kendini amorti edebilmektedir. Soğuk su dönüş set sıcaklığı otomatik kontrol v.b. sistemler ile 15°C'den 16°C'ye çıkartıldığında kış aylarında yapılan tasarruf %4 oranında artırılabilir. Bu çalışma şeklinde İzmir için ulaşılan tasarruf sonuçları Şekil 9'da verilmektedir.



**Şekil 8.** Kış aylarında Ankara'da sağlanacak enerji tasarrufu



**Şekil 9.** Soğuk su dönüş set sıcaklığını 15°C'den 16°C'ye çıkartığımızda kış aylarında İzmir'de sağlanacak enerji tasarrufu

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yukarıda yapılan analizler, yıl boyu soğutma suyu kullanan tesislerde yüksek performanslı doğal soğutmalı sistemlerin kullanılması ve sistem düzenleme ve tasarımlarının buna uygun olarak yapılması durumunda üretim ve işletme maliyetlerinde iyileştirmeler yapılabileceğini göstermektedir.

Doğal soğutmalı sistemlerine yapılan yatırımlar geri dönüş süreleri çok kısa olması nedeni ile oldukça ekonomik yatırımlar olarak görülmektedir. Mevcut tesislerde fizibilite çalışmaları yapılarak revize edilmeleri ve doğal soğutmalı sistemlere dönüştürülmesi çalışmadan da anlaşılacağı gibi incelenen şehirlerimizde oldukça karlı olabilmektedir.

Doğal soğutmalı sistemlerin enerji tüketimini azaltması nedeni ile de çevreci sistemler olarak tanımlanabilmektedir. Yoğun enerjinin tükettiği endüstriyel soğutma tesislerinde çevre kirliliğinin azaltılması ve işletme maliyetlerinden tasarruf sağlanması açısından bu sistemler çok önemli yer tutmaktadır.

Yeni projelendirme ve revize çalışmalarında doğal soğutma olanaklarının değerlendirilmesi vazgeçilmez olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] "Free-cooling systems for chillers", RD Grup (Teknik Literatür), 2005.
- [2] Levenhagen, J. I., Spethmann, D. H., "HVAC Controls and Systems", McGraw-Hill, 1993.
- [3] <http://tristate.apogee.net/>
- [4] <http://cipco.apogee.net/>
- [5] ASHRAE Handbook, "HVAC Systems and Equipment", Chapter 5, 2000.
- [6] Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, İllerin Sıcaklık Ortalamaları Raporu, 2005.
- [7] Technicalreport, Marley, "The Application of Cooling Towers for Free Cooling", Number: H-002, December 1982.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Bekir CANSEVDİ

1954 yılında doğdu. 1980 yılında A.İ.T.İ.A. Mühendislik Yüksek Okulu Makina Bölümünden mezun oldu. Dalan Kimya Endüstri ve TEBA Şirketler Grubunda mühendislik görevinde bulundu. 1993 yılında TEBA Şirketler grubu'na ait BOSAŞ Bakım Onarım Servis A.Ş.'nin klima grubu servis müdürlüğü yaptı. RD Grup'ta yönetici mühendis olarak çalışmaktadır.

### Özay AKDEMİR

1975 yılı Ankara doğumludur. 1997 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Yüksek lisans öğrenimini Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Termodinamik bölümünde 2001 yılında tamamlamıştır ve halen aynı üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsünde doktora yapmaktadır. 1998 yılından itibaren Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

### Ali GÜNGÖR

1955 Elazığ doğumlu, evli ve iki kız çocuk babasıdır. Ege Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1977 yılında Mühendis, 1978 yılında Yüksek Mühendis ve aynı Üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1985 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferi Bilim Dalında Doçent oldu. 1996 yılında Ege Üniversitesinde Profesör ünvanını aldı. Halen Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Bölüm Başkanı ve Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır.