

# HAVA SOĞUTMALI GRUPLARIN EVAPORATİF ÖNSOĞUTMA İLE VERİM VE KAPASİTE ARTIŞI UYGULAMASI

Güray KORUN

## ÖZET

Kondenser havalarının, kurulumu son derece basit, yatırım maliyeti ve işletme masrafları düşük olan evaporatif ön soğutma ile soğutulması sonucu, hava soğutmalı grupların, soğutma performansında artış, kompresörün çektiği elektrik gücünde düşüş, verimlerinde(COP) artış, arıza periyotlarında düşme ve grup ekonomik ömründe uzama gerçekleşmektedir. Kuru soğutucularda ise istenen proses sıcaklıklarına daha kolay ulaşım ve enerji sarfiyatlarında tasarruf sağlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ön soğutma, kondenser verimi, soğutma verimi, evaporatif soğutma, verim artışı, enerji kazanımı, su spreyleme, ped sistemi.

## ABSTRACT

The pre-cooling the air intake of the condensers achieves energy conservation and increase in performance of air-conditioning systems. In this study, two types of evaporative cooling systems (water misting and ped system) are evaluated on pre-cooling of the air intake of the condensers.

**Key Words:** Pre-cooling, condenser efficiency, cooling efficiency, COP, energy saving, water mist, ped system, evaporative cooling.

## 1. GİRİŞ

Küresel ısınma sonucu ve olumsuz işletme koşulları yüzünden birçok mevcut hava soğutmalı klimalar ve kuru soğutucular tasarım değerlerinin üzerinde çalışmak zorunda kalmaktadır. Bu durumdaki klimaların kapasiteleri yetersiz kalmakta, yüksek basınçta çalışarak elektrik sarfiyatları ve arıza periyotları artmaktadır. Kuru soğutucularda ise istenen proses sıcaklıklarının sağlanamaması, üretimde kalitesizlik, enerji sarfiyatlarında artış yaratmaktadır.

Soğutma sistemlerinin kondenserlerine uygulanacak evaporatif soğutma ile kondensere giriş havası soğutulmuş, sistem verimi artırılır, enerji sarfiyatlarında tasarruf sağlanır.

## 2. HAVA SOĞUTMALI KONDENSER TASARIMINDA GİRİŞ HAVA SICAKLIĞININ ÖNEMİ

Klimalarda ve kuru soğutucular tasarlanırken sistemden (hava soğutmalı kondenselerde) atılmak istenen ısı enerjisi(soğutma prosesi) için genellikle bakır borulu, alüminyum kanatlı serpantinler kullanılmaktadır.

Çapraz akışlı bir serpantinde tanımlanan hissedilir soğutma kapasitesi ( $q_{td}$ )

$$q_{td} = U_o A_o \Delta t_m$$

$U_o$  = Havayla serpantindeki akış arasındaki hissedilir ısı transferi katsayısı

$A_o$  = Yüzey Alanı

$\Delta t_m$  = Hava sıcaklığıyla akışkan arasındaki logaritmik sıcaklık farkı

$$\Delta t_m = \frac{(t_{a1} - t_{r2}) - (t_{a2} - t_{r1})}{\ln [(t_{a1} - t_{r2}) / (t_{a2} - t_{r1})]}$$

$t_{a1}$  = Serpantine giren hava sıcaklığı

$t_{a2}$  = Serpantinden çıkan hava sıcaklığı

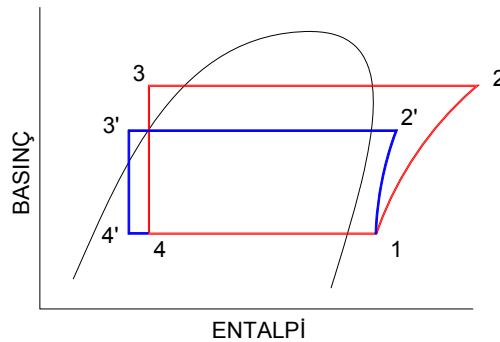
$t_{r1}$  = Serpantine giren akışkan sıcaklığı

$t_{r2}$  = Serpantinden çıkan akışkan sıcaklığı

Buradan da görüldüğü üzere, sistemin kapasite ve verimini belirleyen hususlardan biri de serpantin üzerinden geçen havanın sıcaklığıdır. Bu havayla, serpantin içinde dolaşan akışkanın (su, yağ, soğutucu gaz vb.) arasındaki sıcaklık farkı ne kadar yüksek olursa serpantinden alınacak verim ve kapasite o kadar yüksek olmaktadır.

## 3. SOĞUTMA ÇEVİRİMLERİNDE DÜŞÜK KONDENZASYON SICAKLIĞININ ETKİSİ

Hava soğutmalı su soğutma çevriminde, kondensere giren havanın soğuk olması veya soğutulması, sistemin kondenzasyon sıcaklığını ve kondenzasyon basıncını düşürecektir. İdeal soğutma çevriminde 1-2-3-4 olarak çalışan sistem, kondenser giriş hava sıcaklığı düştükten sonra 1-2'-3'-4' çalışacaktır.

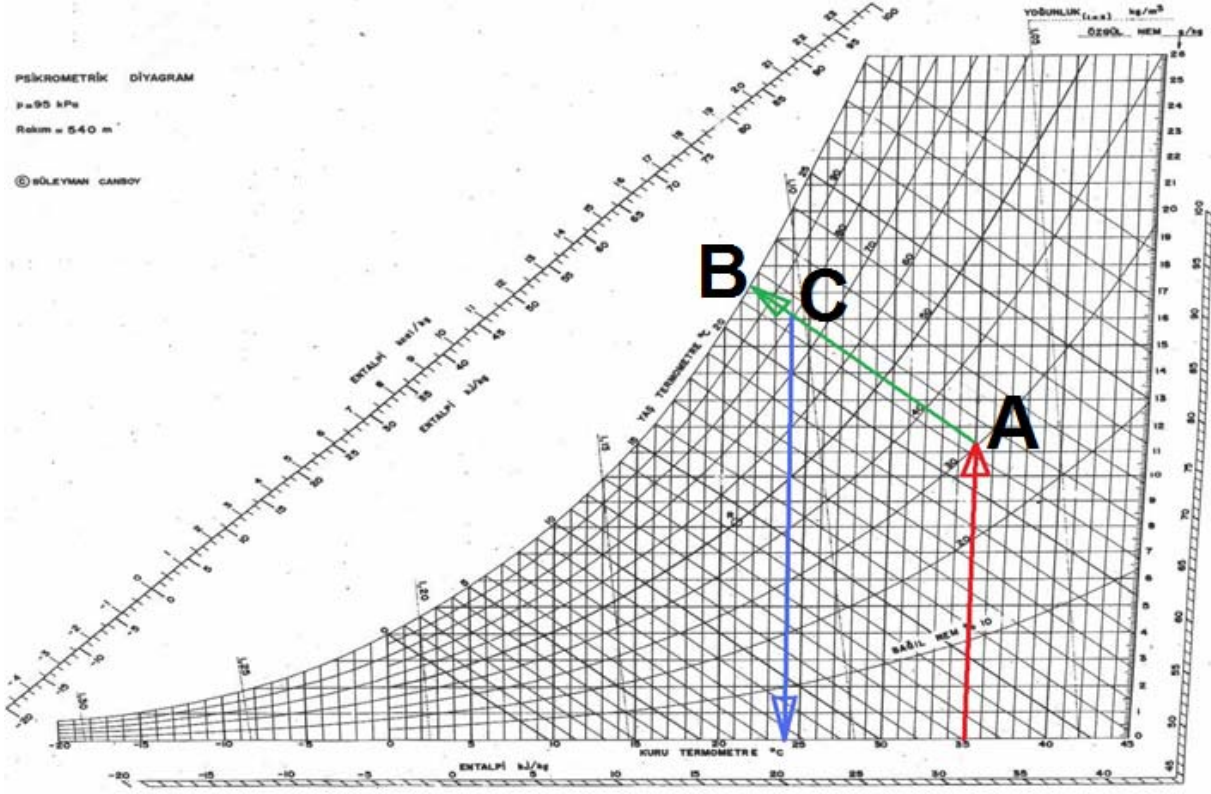


Şekil 1

Çalışma basıncının düşmesiyle kompresör daha düşük enerji ihtiyacı duyacak ve daha düşük enerji sarfiyatları gerçekleştirecektir.

### 3. EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Evaporatif soğutma, suyun buharlaşma enerjisinden faydalanarak havayı adyabatik olarak soğutma işlemidir. Bir diğer tanımla; su buharlaşmak için üzerinden geçen havadan ısı alır, böylelikle hava soğumuş olur. Havanın yüklendiği nem değeri artar.



Şekil 2

Psikometrik diyagramda evaporatif soğutma prosesin gerçekleşmesi:

$T_A$  = Dış Hava Kuru Termometre Sıcaklığı

$T_B$  = Dış Hava Yaş Termometre Sıcaklığı

$T_C$  = Evaporatif soğutma sonucu havanın kuru termometre sıcaklığı

$$T_C = T_A - (T_A - T_B) \xi$$

$\xi$  = Evaporasyon Verimi

$$\xi = \frac{T_A - T_C}{T_A - T_B}$$

Evaporatif soğutma sonucu oluşan havanın sıcaklığı, dış havanın yaş termometre sıcaklığı ve evaporatif soğutma sisteminin evaporasyon verimine bağlıdır.

Örnek olması açısından; Sıfır Rakımda, %85 evaporasyon verimli bir evaporatif soğutma sistemi için farklı dış hava bağıl nem değerlerine göre, evaporatif soğumuş havanın sıcaklık değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.

		Dış Hava Bağıl Nem									
		15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
Dış Hava Sıcaklık	30°	16,5°	17,5°	18,6°	19,5°	20,5°	21,4°	22,2°	23,1°	23,9°	24,6°
	35°	19,7°	21,0°	22,2°	23,3°	24,4°	25,4°	26,4°	27,3°	28,2°	29,1°
	40°	22,9°	24,4°	25,8°	27,1°	28,3°	29,5°	30,6°	31,6°	32,6°	33,6°
	45°	26,2°	27,9°	29,5°	30,9°	32,3°	33,6°	34,8°	36,0°	37,1°	38,1°
	50°	29,4°	31,4°	33,1°	34,8°	36,3°	37,7°	39,1°	40,3°	41,5°	42,6°

#### 4. EVAPORATİF ÖN SOĞUTMA İLE KAZANIMLARA ÖRNEK

Tablo 2, hava soğutmalı grup imalatçılarından birinin, farklı dış hava koşullarındaki grup için, kapasite ve kompresörün çektiği güçlerle ilgilidir.

Tablo 2

To (°C)	DIS HAVA SICAKLIĞI (°C)													
	25		30		32		35		40		42		45	
	kWf	kWe	kWf	kWe	kWf	kWe	kWf	kWe	kWf	kWe	kWf	kWe	kWf	kWe
5	537.7	139.8	510.1	153.5	499.0	159.2	482.4	167.8	454.7	182.5	443.6	188.6	426.8	197.8
6	552.6	141.2	524.8	154.5	513.6	160.0	496.7	168.5	468.3	183.5	456.8	189.7	439.5	199.2
7	567.9	142.6	539.7	155.7	528.3	161.2	511.1	169.7	482.1	184.7	470.3	190.9	452.6	200.5
8	583.5	143.9	554.8	157.2	543.1	162.8	525.6	171.3	496.0	186.2	484.1	192.3	466.1	201.7
9	599.5	145.1	569.9	159.1	558.1	164.8	540.2	173.4	510.2	187.9	498.2	193.9	480.0	202.8
10	615.7	146.3	585.3	161.3	573.1	167.2	554.9	175.8	524.6	190.0	512.4	195.6	494.3	203.8

Tablo 3.

Su Çıkış °C	Dış Hava KT Sıcaklığı			Dış Hava KT Sıcaklığı			Dış Hava KT Sıcaklığı			Dış Hava KT Sıcaklığı			Dış Hava KT Sıcaklığı		
	25			30			35			40			45		
	Kapasite	Güç	COP	Kapasite	Güç	COP	Kapasite	Güç	COP	Kapasite	Güç	COP	Kapasite	Güç	COP
7	568	143	3,97	540	156	3,46	511	170	3,01	482	185	2,61	453	201	2,25
25 °C'ye Göre				5%	-9%	13%	10%	-19%	24%	15%	-29%	34%	20%	-41%	43%
30 °C'ye Göre							5%	-9%	13%	11%	-19%	25%	16%	-29%	35%
35 °C'ye Göre										6%	-9%	13%	11%	-18%	25%
40 °C'ye Göre													6%	-9%	13%
42 °C'ye Göre													4%	-5%	8%

Tablo 3'te, 7°C evaporatör su çıkış sıcaklığına göre verilen değerler incelenmiştir.

Bu grubun dış hava sıcaklığı 40°'de çalışmasıyla, 30°C'de çalışması arasında:

Kapasitede %11 artış

Kompresörün çektiği güçte %19 azalma

COP'de %25 artış gerçekleşmektedir.

Bu koşulları kondenser ön-soğutma ile sağladığımız düşünülürse, kondensere giren havanın 40°den, 30°C'ye düşürülmesiyle, mevcut sistemin kapasitesi %11 artacak, kompresörün çektiği güç ise %19 azalacaktır. COP'deki artış ise %25 olacaktır. Bu değer sistemin toplam kazanımıdır.

## 5. İŞLETME MALİYETLERİ AÇISINDAN SU TÜKETİMİ

Sistemin su tüketimi evaporasyonla (buharlaşmayla) oluşur. Buharlaşan su miktarı için:

$$E \text{ (litre/saat)} = [\rho \cdot q \cdot (X2 - X1)] / 1000$$

E: Su tüketimi [litre/saat]

$\rho$ : Havanın yoğunluğu [kg/m<sup>3</sup>]

q: Hava Debisi [m<sup>3</sup>/h]

X1: Dış hava nem miktarı [g/kg]

X2: Evaporatif soğutmadan sonraki havanın nem miktarı [g/kg]

1000 m<sup>3</sup>/h havanın, farklı dış hava koşulları ve %82 evaporasyon verimi için su tüketimi Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4**

	%30 RH	%40 RH	%50 RH
30°C	5.0 litre/h	4.1 litre/h	3.32 litre/h
35°C	5.6 litre/h	4.6 litre/h	3.7 litre/h
40°C	6.1 litre/h	5.0 litre/h	3.9 litre/h

## 6. EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİ TİPLERİ

Kondenser ön soğutmalarında en sık kullanılan evaporatif soğutma tipleri

1. Su spreyleme sistemi
2. Petek Sistemi

### 6.1 Su Spreyleme Sistemi

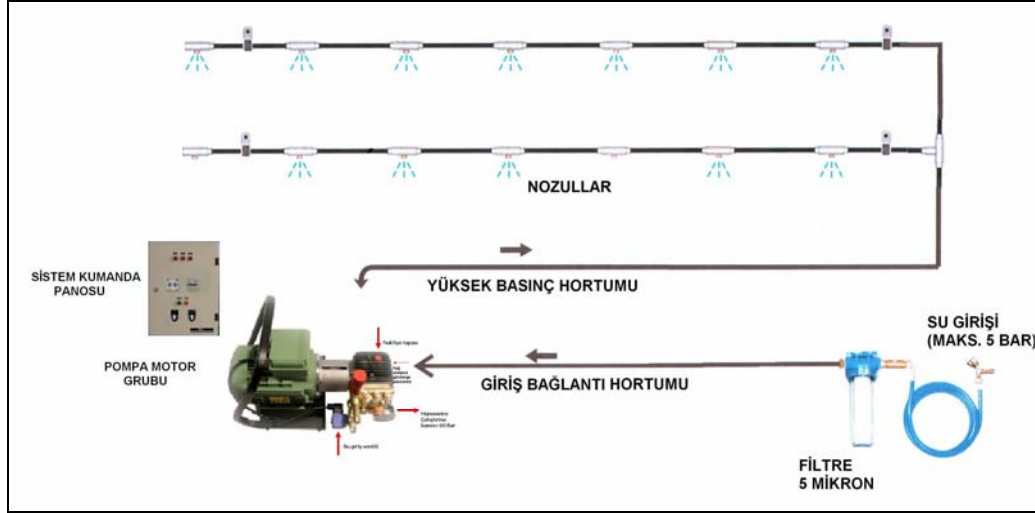
Bir pompa aracılığıyla 60-70bar basınca yükseltilmiş su, yüksek basınca dayanıklı plastik hortumlardan geçirilerek, hortum üzerine tesis edilmiş nozullar aracılığıyla pulvarize olarak atmosfere püskürtülür. Hava akımı içine püskürtülen su zerrecikleri buharlaşır ve buharlaşırken havadan ısı alır ve evaporatif soğutma gerçekleşmiş olur.

Bu sistem kondenserlerin önüne sıralı nozullar şeklinde tesis edilir. (Resim 1–2–3)

Su zerreciklerinin kondenser yüzeylerine temas edip kireçlenme yapmaması için, su bir ağ üzerine püskürtülür, nozulların zamanla kireçten dolayı tıkanmaması içinse su ayrıca şartlandırılarak sisteme verilir.

Su tüketiminin minimum olması ve evaporasyonun verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için mikroprosesli kontrol sistemleri kullanılır. Bu sistemler dış havanın yaş termometre sıcaklığıyla, kuru termometre sıcaklığına göre, havanın suya doyma noktasını hesaplar, bu hesaplara göre, su

spreyleme sisteminin çalışma süresi ve frekans ayarı yapılır. Sistem belirli aralıklarla durur ve tekrardan çalışır.



Resim 1



Resim 2



Resim 3

Su spreyleme sisteminin evaporasyon verimi çalışma anlarında %85'tir.

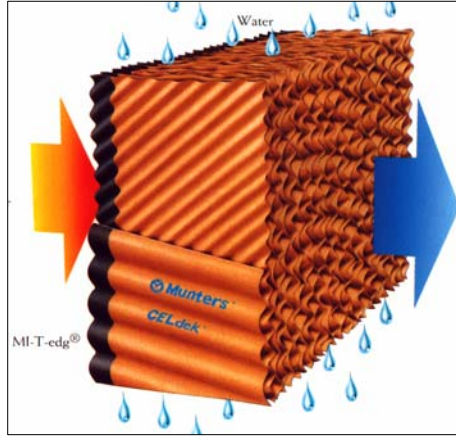
İşletme maliyeti açısından su filtrelerinin değişimi ve su yumuşatma sisteminin işletme maliyetleri düşünülmelidir.

Su spreyleme sisteminin enerji sarfiyatı, suyu 60–70 bar basınçlandıran su pompasının enerjisidir. Sistemin kapasitesine göre 1kw-5kw arası değişir.

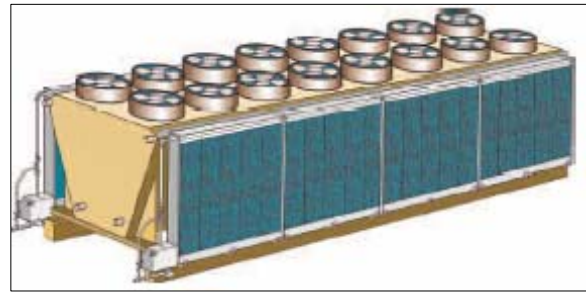
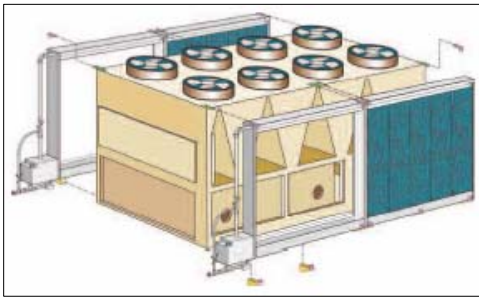
## 6.2 Petek Sistemi

Gözenekli ve selülozik malzemeden özel olarak imal edilmiş petekler (Resim 4), küçük bir su sirkülasyon pompası vasıtasıyla ıslatılır. Petek üzerinden geçen hava suyu buharlaştırır, buharlaşan su havadan ısı alır ve evaporatif soğutma gerçekleşmiş olur.

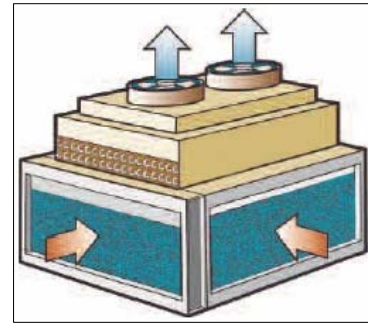
Bu sistemi kondenserlerin önüne ön soğutma amaçlı kullanmak için petekler metal (Paslanmaz veya Alüminyum) kasetler içine konur. Kasetlerin altında bulunan havuz haznesi şebekeden suyla beslenir. Su küçük bir su pompasıyla peteklerin üzerine akıtılır. Buharlaşan su flatör vananın açılmasıyla şebekeden suyunu tamamlar. (Resim 5–6)



Resim 4.



Resim 5.



Resim 6.

Sistem basit bir oda termostatyyla kontrol edilir. Petekli sistemde, sistem sadece dış hava sıcaklığı, ayarlanan değer altına düştüğünde durur. Ayarlanan sıcaklık genelde 25° üzerinde çalışma koşuludur. Dış hava termostattan ayarlanan sıcaklığın üzerine çıktığında sirkülasyon pompası devreye girer ve petekleri ıslatmaya başlar. Gün içinde 25 derecenin altına düşüş olmadan, sistem durmaz ve sistem dur kalklar yapmadan istikrarlı bir şekilde çalışır. Bu sayede kondenser basıncında dalgalanmalar olmaz.

Petekli sistemlerde ise evaporasyon verimi kullanılan petek cinsine, hava hızına ve petek kalınlığına göre %75-%95 arası değişmektedir.

Petek sistemi, kondenser hava tarafında basınç kaybı yaratmaktadır. Basınç kaybı hava debisinin düşmesine sebep olur. Bununla birlikte birçok soğutma grubunda hava debisi, fanların devriyle veya çalışma adetleriyle ayarlanmaktadır. Bu tip gruplarda bir problem yaratmazken, tek devirli ve otomatik verim kontrolü olmayan gruplarda veya kuru soğutucularda bu husus göz ardı edilmemelidir.

Petek sistemlerinde, kullanılan suyun cinsine göre peteklerde kireç oluşur, kireç oluşumunu önlemek için zaman ayarlı otomatik drenaj sistemi kullanılır. 3–5 senede bir yenileriyle değiştirme ihtiyacı olabilir. Yumuşatılmış su kullanılması şart değildir, bununla birlikte kullanılmasında sakınca yoktur.

Petek sisteminin harcadığı enerji küçük bir su sirkülasyon pompasıdır. Sistemin kapasitesine göre 120W-500W arası değişmektedir.

Petek sisteminde gruba servis verme zahmetlidir. Servis ihtiyacı olduğunda peteklerin kasetlerinden çıkarılması gerekir.

Petek sistemlerinde petek üzerinden geçen hava hızı verimi doğrudan etkiler. Tavsiye edilen değer 3 m/s ve altıdır.

## 8. SONUÇ

Soğutma verimlerinde %25'lere kadar COP artışı sağlayan, teknolojik olarak imalatı, kurulumu ve işletmesi çok kolay olan evaporatif ön soğutma sistemleri, gerek soğutma gruplarında olsun gerekse kuru tip soğutucularda olsun, kullanımı ülkemizde de yaygınlaşmaktadır. Firmalar gerek su spreyleme sistemiyle gerekse petek sistemiyle özel üniteler ve sistemler geliştirmiş ve satışlarını yapmaktadır. Bununla birlikte mevcut kullanılan hava soğutmalı gruplarda veya kuru tip soğutuculara da bu sistemler kolayca uygulanabilmekte ve mevcut sistemin kapasitesini artırmak ve enerji tasarrufu sağlamak mümkün olmaktadır.

Enerji maliyetlerinin her geçen gün artması ve soğutma sistemlerinde kullanılan enerjinin boyutları düşünüldüğünde, geliştirilecek ve uygulanacak tasarruf sistemlerinin, hem üreticiye hem işletmeciye hem de ülkemize faydaları büyük olacaktır.

Bahsedilen avantajlar yanında, su soğutma gruplarının düşük basınçlarda çalışması kompresörün yıpranmasını önler ve arıza periyotlarını uzatır böylelikle kompresörün ekonomik ömrü de uzamış olur. Ünite imalatçıların imalatlarında, projelendirme esnasında sistemlerin tasarlanmasında ve işletme sahiplerinin mevcut veya yeni tesis edecekleri sistemlerinde kondenser ön-soğutmayı değerlendirmeleri ülkemize ve işletmeciye ekonomik yönden büyük katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Hand Book - Refrigeration
- [2] ASHRAE Hand Book – HVAC System and Equipment
- [3] WORLD BANK TECHNICAL PAPER – Evaporative Air-Conditioning
- [4] MUNTERS dokümanları.
- [5] FORM A.Ş. dokümanları
- [6] FRITERM dokümanları
- [7] EcoMesh dokümanları
- [8] Baltimor dokümanları

## ÖZGEÇMİŞ

### GÜRAY KORUN

1969 yılı Ankara doğumludur. 1992 yılında ODTÜ Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Form A.Ş.'de İmalat Mühendisi, Satış Mühendisi, Fabrika Müdürlüğü görevlerinde bulunmuştur. 1995 yılından beri FORM Şirketler Grubunun imalat bölümünün Genel Müdürü olarak çalışmaktadır.