



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

**KMM 302 KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I**

BUHARLAŞTIRMALI SOĞUTMA DENEYİ

**Danışman:** Doç. Dr. Mehmet GÖNEN

ISPARTA, 2017

## BUHARLAŞTIRMALI SOĞUTMA DENEYİ

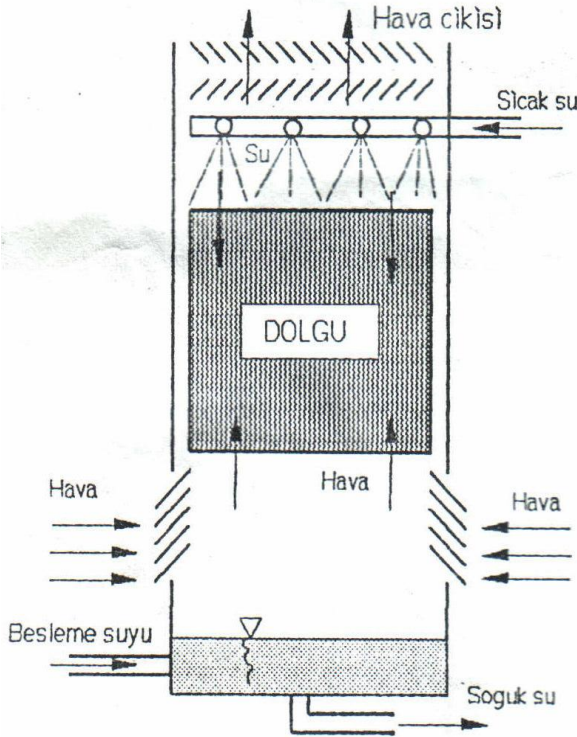
### DENEYİN AMACI:

Soğutma kulesine ait temel özelliklerin ve çalışma prensiplerinin öğrenilmesi, soğutma kulesi üzerinde kütle ve enerji denklemlerinin yapılması.

### 1. TEORİK BİLGİLER:

Güç santralleri, büyük iklimlendirme sistemleri ve kimya endüstrisi büyük miktarlarda atık ısı üretirler ve bu ısı genellikle yakınlardaki bir göle veya akarsuya verilir. Fakat bazen su akışı sınırlıdır veya ısıl kirlenme önemli bir kısıt olarak göz önüne alınmak zorundadır. Bu gibi durumlarda, atık ısı atmosfere verilir ve soğutma suyu ısı kaynağıyla atmosfer arasında ısı geçişi için aracı akışkan olur. Çeşitli işlemlerden geçmiş bu suyu mevcut kaynakları tüketmeden tekrar kullanabilmek, sudan istenmeyen ısıyı uzaklaştırmak, bunu zararsız ve ucuz olarak çevreye atabilmek ancak kurulacak bir soğutma kulesi ile mümkündür [3].

#### 1.1. Soğutma Kulesinin Çalışma Prensibi:



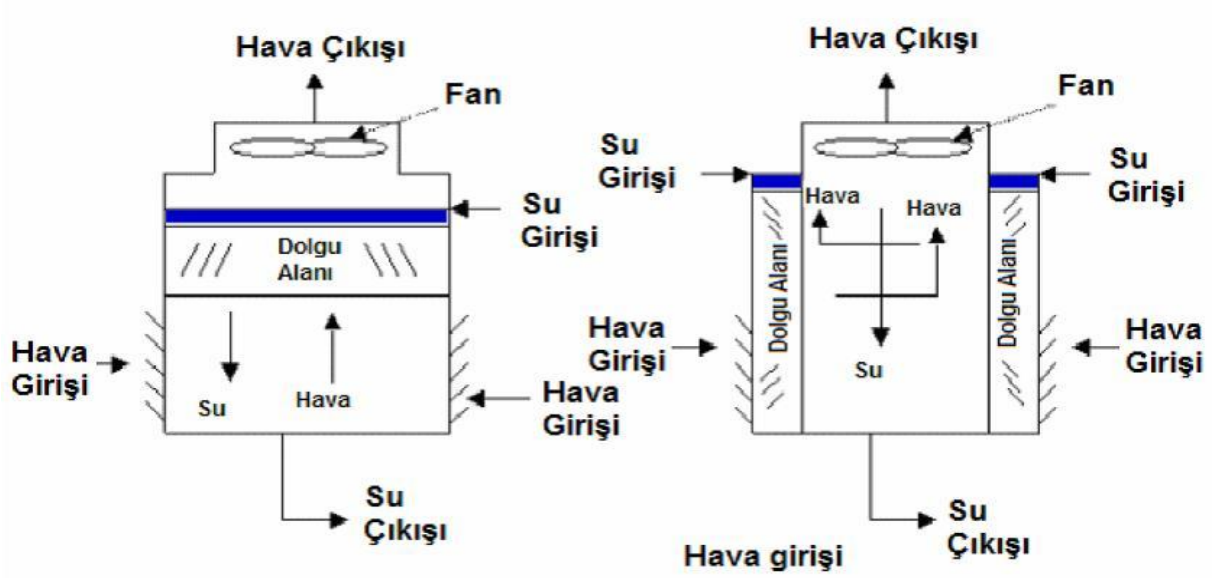
Şekil 1. Soğutma kulesi, [3]

Soğutma sistemlerinde kondenselerin soğutma suyu, termik santrallerin kondenselerinin soğutma suyu ve endüstride soğutma yapmak amacıyla kullanılan soğutma suları görevlerini yerine getirmeleri esnasında ısınır, yani sıcaklıkları artar. Bu ısınan sular soğutma kulelerinde soğutulur ve tekrar kullanılmak üzere kondenselere gönderilir. Ters akımlı soğutma kulelerinde, çevre havası kulenin altından girerek düşen su damlacıklarına zıt yönde akar ve kulenin üstünden çıkar. Hava akımı sıcak su ile temas ederek ısınan havanın yoğunluğunda meydana gelen fark nedeniyle gerçekleşiyorsa doğal çekimli, bir vantilatör yardımıyla sağlanıyorsa zorlanmış çekmeli soğutma kulesi söz konusu olur. Şekil 1'de doğal çekmeli bir soğutma kulesinin şeması görülmektedir [3].

Soğutma kulesinin en temel prensibi testinin suyu soğutmasıdır. İyi bir testi bir miktar suyu sızdıran testidir. Testi yüzeyine sızan su buharlaşırken gerekli olan enerjiyi testinin gövdesinden alarak testi soğutur.

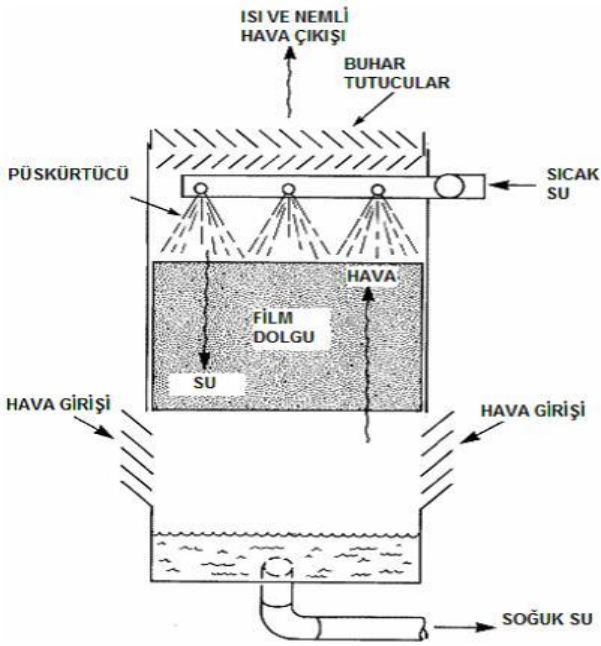
Bir soğutma kulesinde çevre havası ile temas haline gelen suyun bir kısmı buharlaşır ve su sıcaklığının düşmesine neden olur. Buharlaşan su, hava içine nem olarak girerek, havanın özgül neminin ve izafi neminin artmasına sebep olur. Soğutma kulesinde su teorik olarak en fazla giriş havasının yaş termometre sıcaklığına kadar soğutulabilir. Soğutma kulesi ne kadar etkili ise pratikte yaş termometre sıcaklığına o kadar yaklaşılabılır. Pratikte su sıcaklığı giriş havasının yaş termometre sıcaklığının 4 °C veya 5 °C üzerindeki sıcaklığa kadar soğutulabilir. Soğutma kulesinin su havuzuna, buharlaşan su miktarına eşit miktarda besleme suyu ilave edilmelidir [3]. İlave edilen su miktarı (buharlaşan su miktarı) üzerinden enerji denkliği yapılır.

## 1.2. Soğutma Kulesi Tipleri:

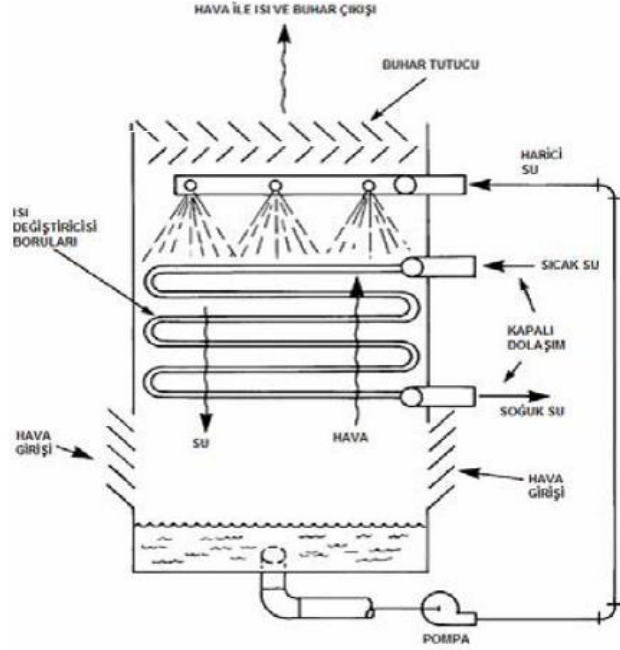


Şekil 2. Karşı ve çapraz akışlı kule tasarımı, [1]

Su soğutma kulelerini hava ve suyun akış geometrilerine göre karşı akışlı ve çapraz akışlı kuleler diye iki sınıfa ayırabiliriz. Şekil 2’de karşı akışlı ve çapraz akışlı kulelerin akış geometrileri görülmektedir. Kulelerin diğer bir sınıflandırması da inşaat tip kuleler ve paket veya fabrika üretim tipi kuleler olarak yapılabilir. İnşaat tip kuleler genellikle santraller ve yüksek kapasitede ısı çekimi yapan yerlerde kullanılır. Fabrika üretim tipi veya paket tipi kuleler 2-5 MW kapasitelere kadar üretilebilirler [1].



Şekil 3. Açık tip soğutma kulesi, [1]



Şekil 4. Kapalı tip soğutma kulesi, [1]

Şekil 3 ve 4'te açık ve kapalı tip su soğutma kulelerinin şematik görüntüleri verilmektedir. Suyun buharlaştırılması prensibine dayanan yaş soğutma kuleleri, kuru soğutma kulesi diye de adlandırdığımız kanatlı hava değiştiricilerle entegre olarak da kullanılabilir. Bu kullanımın en önemli nedeni iklim değişimleriyle gitgide değer kazanan suyun büyük miktarlarda kullanımının önlenmesidir. Eğer proseten gelen suyun sıcaklıkları çevre sıcaklıklarının çok üzerindeyse yaş soğutma kuleleri çok miktarda suyu buharlaştıracaktır. Buharlaştıran su önemli miktarlarda olduğunda bu ek bir kayıp ve maliyet olarak karşımıza çıkar. Kuru soğutma kuleleri ise yüksek sıcaklıklardaki sıvıları (510 °C) atmosferik sıcaklıklara yaklaştırmak için ideal ısı değişim araçlarıdır. Ancak atmosfer sıcaklıklarına yakın sıcaklıklar ve atmosfer altı sıcaklıklar söz konusu olduğunda yetersiz kalmaktadır. Bunun bir çözümü iki kademeli soğutma prosesi olabilir. Birinci kademede kuru soğutma kulesinde soğutulan su ikinci kademe olarak yaş kulede soğutulur. Böylece aşırı su kayıplarının önüne geçilmiş olur [1].

### 1.3. Soğutma Kulesinde Temel İfadeler:

**Kuru Termometre Sıcaklığı:** Havanın içindeki nemin ve radyasyonun etkisi olmaksızın herhangi bir termo eleman, termometre, termokupl vb. bir sıcaklık ölçme aleti ile yapılan ölçüme elde edilen sıcaklığa denir [3].

**Yaş Termometre Sıcaklığı:** Kuru termometre haznesinin etrafını, ıslatılmış ince bir bez ile sarıp bir vantilatör önüne tutarsak, rüzgarın tesiri ile bezdeki nem, gizli ısıyı çekip buharlaşmaya başlar ve termometredeki sıcaklığın giderek düştüğünü görürüz. Düşme nihayete erdiğinde okuduğumuz sıcaklığa YAŞ TERMOMETRE SICAKLIĞI deriz. Yaş termometre sıcaklığı, bulunan ortamın kuru termometre sıcaklığına ve nem miktarına bağlı olarak değişir. Hava neme doymamış ise yaş termometre sıcaklığı kuru termometre sıcaklığından küçük çıkacaktır. Bunu elimize bir miktar kolonya döktüğümüzde buharlaşmadan dolayı elimizin serinlemesi gibi açıklayabiliriz (Bileşiminde etil alkol

bulunduran kolonya çok çabuk buharlaşır ve uçup giderken sürdürdüğümüz yerdeki ısıyı alıp götürür.) [4].

**Çiğ Noktası Sıcaklığı:** Nemli hava sabit basınçta soğutulduğunda, içindeki su buharının yoğuşmaya başladığı andaki sıcaklığa çığ noktası sıcaklığı denir [3].

**İzafi (Bağıl Nem):** Nemli hava içindeki su buharının kısmi basıncı  $P_b$ , sıcaklığı  $T$  ve aynı  $T$  sıcaklığında doymuş hava içindeki su buharının kısmi basıncı ( $T$  sıcaklığına karşılık gelen su buharının doyma basıncı)  $P_{dT}$  olmak üzere izafi nem;

$$\varphi = \frac{P_b}{P_{dT}}$$

İfadesi ile bulunur. Havanın izafi nemi higrometre ile ölçülür. Havanın izafi nemi  $0 < \varphi < 1$  arasında bulunur [3].

$\varphi=0$  Kuru Hava (İçinde hiç su buharı yok)

$\varphi=1$  Doymuş Hava

$\varphi \leq 1$  Doymamış Hava

**Özgül Nem (Nem Oranı):** Birim kg kuru hava içindeki su buharı miktarına denir. Nemli hava içindeki su buharı miktarı  $m_b$  kuru hava miktarı  $m_h$  olmak üzere, özgül nem;

$$w = \frac{m_b}{m_h} = \frac{kg\_su\_buharı}{kg\_kuru\_hava}$$

Şeklinde hesaplanır. Gerekli düzenlemeler yapılırsa özgül nem;

$$w = 0,622 \frac{\varphi \cdot P_{dT}}{P - \varphi \cdot P_{dT}}$$

Şeklinde bulunur. Burada  $w = f(\varphi, T, P)$  fonksiyonu olup yukarıdaki denklemden de görüldüğü gibi özgül nem  $w$ , izafi nem, sıcaklık ve toplam basınç  $P$ 'nin fonksiyonu olarak bulunur. Bu üç değer nemli havanın ölçülebilen değerleridir [3].

**Soğutma:** Soğutma sırasında havanın özgül nemi sabit kalır, fakat bağıl nemi artar. Eğer bağıl nem istenmeyen ölçüde artarsa, havadaki su buharı miktarını azaltmak, başka bir deyişle nem almak gerekebilir. Bunu gerçekleştirmek için, havanın çığ noktası sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa soğutulması gerekir [4].

**Yaklaşım:** Soğutma kulesinden çıkan suyun sıcaklığı ile giriş havasının yaş termometre sıcaklığı arasındaki farka yaklaşım denir [3].

**Duyulur Isı (Sensible Heat):** Havanın kuru termometre sıcaklığını yükseltmek üzere (özgül nemi sabit kalmak şartıyla) dış ortama verilen ısı miktarıdır [4].

**Gizli Isı (Latent Heat):** Bir miktar suyun sıcaklığını ve basıncını değiştirmeden, suyu buhar haline getiren ısıya gizli ısı denir. Bu su buharı hava içine karışırsa, buhar haline gelen

bu suyun gizli ısı da havaya ilave edilmiş olur. Aynı şekilde havadaki buharın bir miktarı yoğunlaştırılırsa, havadan gizli ısı alınmış olur. Örneğin; kapalı bir oda düşünelim. Bu odanın sıcaklığının  $25^{\circ}\text{C}$  olduğunu kabul edelim. Bu odaya  $25^{\circ}\text{C}$ 'deki su buharından bir miktar gönderdiğimizizi farz edelim. Odanın duvarında da bir termometre asılı olsun. Bu termometrede herhangi bir sıcaklık yükselmesi olmayacaktır. Halbuki kapalı sistem halindeki bu odaya ısı enerjisi verdik. Bu enerji ne oldu? Odanın havasının entalpisi (ısı tutumu) yükseldi. Yani gizli ısı yükseldi. Havaya gizli ısı ilavesinde havanın kuru termometre sıcaklığı sabit kalır. Fakat yaş termometre sıcaklığı yükselir. Entalpisi ve özgül nemi artar [4].

#### **1.4.Psikrometrik Diyagram:**

Mühendislikte klima tekniği ve kurutma tekniği uygulamalarında temel madde olarak kullanılan nemli havanın özelliklerini hesap yöntemine göre daha kolay bir şekilde bulabilmek ve havanın hal değişimlerini (ısıtma, soğutma, havanın nemlendirilmesi ve neminin alınması) daha kolay görebilmek için nemli havanın çeşitli özelliklerini ihtiva eden ve psikrometrik diyagram adı verilen diyagramlar pratikte çok kullanılır. Çeşitli şekilde düzenlenebilen bu diyagramlar toplam basıncın belirli P değeri için geçerlidir [3].

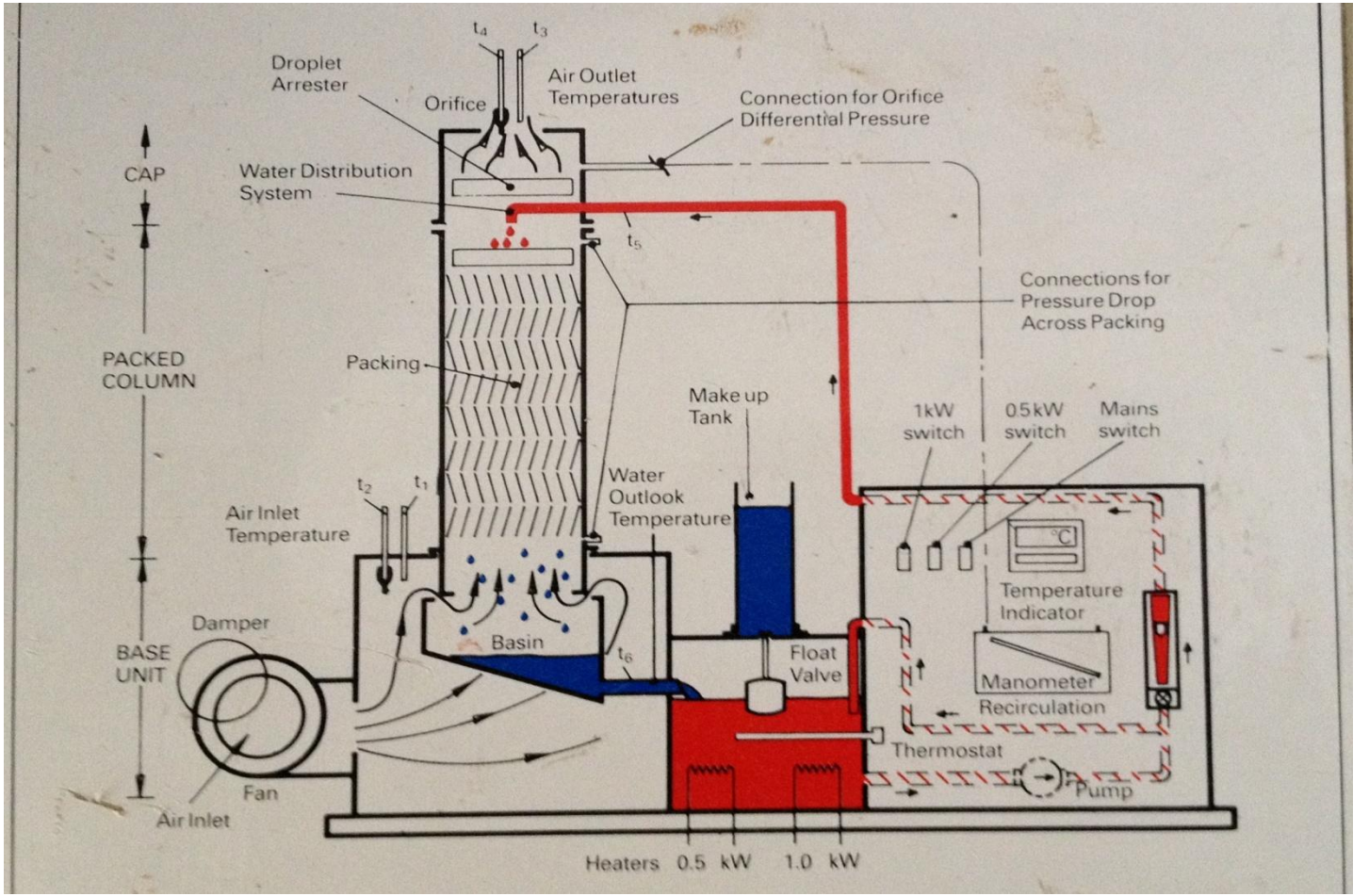
Psikrometrik diyagramda dikey eksen özgül nemi ( $w[\text{gr su buharı/kg kuru hava}]$ ) gösterir. Yatay eksen nemli havanın sıcaklığını (kuru termometre) gösterir. Diyagramda  $\phi = 1$  doymuş hava eğrisi aynı zamanda yaş termometre ve çığ noktası sıcaklıklarını okumak için sıcaklık skalası olarak kullanılır [3].

Psikrometrik diyagram, iklimlendirme işlemlerini göstermek için yararlı bir araçtır. Eğer nemlendirme veya yoğuşma yoksa soğutma ve ısıtma işlemleri psikrometri diyagramında birer yatay doğruyla gösterilirler. Yatay doğrudan herhangi bir sapma, havaya nem eklendiğini veya havadan nem alındığını gösterir [2]. Psikrometrik diyagram Ek-1'de verilmiştir. Psikrometrik diyagramda aşağıdaki verileri elde ederiz.

- Kuru Termometre Sıcaklığı
- Yaş Termometre Sıcaklığı
- İzafi (Bağıl) & Mutlak Nem
- Entalpi



## 1.5. Deney Düzenegi:



Şekil 6. Soğutma kulesi deney düzenegi

## 2. Deneyin Yapılışı:

1. Su haznesi işaretli yere kadar deiyonize su ile doldurulur.
2. Su akışını sürdürmek için kontrol panelindeki düğme kullanılarak cihaz çalıştırılır.
3. Kontrol panelinden ısıtma yükü ayarlanır.
4. Cihazdaki fan istenilen miktarda açılır.
5. 5'er dakika ara ile tüm sıcaklık değerleri, su debisi, ısıtma yükü, basınç farkı ve su haznesindeki su miktarı kaydedilir.
6. Kararlı hal koşullarına ulaşana kadar beklenir.
7. Proses boyunca buharlaştırılan suyun miktarını ölçmek için su haznesi tekrar doldurulur.
8. Tüm değerler kaydedildikten sonra kütle-enerji denkliği hesaplamaları yapılır.

### 3. Ölçüm Değerleri:

	ÖLÇÜLEN DEĞERLER												
	t=0	t=5	t=10	t=15	t=20	t=25	t=30	t=35	t=40	t=45	t=50	t=55	t=60
Giriş Hava Sıcaklığı $T_1$ , (°C)													
Giriş Hava Sıcaklığının YT Sıcaklığı $T_2$ , (°C)													
Çıkış Hava Sıcaklığı $T_3$ , (°C)													
Çıkış Hava Sıcaklığının YT Sıcaklığı $T_4$ , (°C)													
Su Giriş Sıcaklığı $T_5$ , (°C)													
Su Çıkış Sıcaklığı $T_6$ , (°C)													
Basınç Farkı, $\Delta P$ (mmH <sub>2</sub> O)													
Su Debisi, (g/sn)													
Isıtma Yüğü, (kW)													
Tanktaki Su Seviyesi, cm													



#### **4. Kaynaklar:**

1. [www.ctpmuhendislik.com](http://www.ctpmuhendislik.com), Eriřim Tarihi: 27.03.2014
2. engel Y.A., Boles M., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, 5. Baskı, McGraw-Hill.
3. <http://kocaelimakine.com>, Eriřim Tarihi: 27.03.2014
4. <http://www.mmo.org.tr>, Eriřim Tarihi: 01.04.2014

