

# SİS ÖNLEYİCİLİ HİBRİD SOĞUTMA KULESİ TASARIMI

**Alper GÜZEL**

*İnsel Yapı Termik Denetim Sistemleri  
Ltd. Şti. İstanbul  
guzelalper@hotmail.com*

## ÖZET

Yapılan bu çalışmada soğutma kulelerinde sis önleyicili sistem tanıtılmıştır. Sis önleyicili soğutma kuleleri melez bir sistemdir. Bu kuleler iki soğutma çevrimini aynı kule içerisinde gerçekleştirmektedirler. Yani kule kuru ve ıslak kısımlardan oluşan soğutma cihazına dönüştürülmüştür. Bundan dolayı tasarımı gerçekleştirilmiş olan soğutma cihazı hem doğrudan temaslı soğutma kulesi, hem de dolaylı temaslı soğutma kulesi özelliklerini göstermektedir.

Bu çalışmada ıslak-kuru soğutma kulesi üzerinde çalışılmıştır. Islak- kuru soğutma kuleleri iki kısımdan oluşmaktadır. Kule alt tarafında ıslak kısım bulunmaktadır, üst tarafında ise kuru kısım bulunmaktadır. Kule alt tarafından doygun olarak gelen hava, kule üst kısmında nispeten daha kuru bir hava ile karşılaştırılarak havanın doygunluğu azaltılır ve kuledeki sis oluşumu önlenmiş olur.

**Anahtar Kelimeler:** Hibrid soğutma kulesi, ısı transferi, ısı değiştiriciler, psikometri

## Design of Hybrid Cooling Towers With Mist Prevention

## ABSTRACT

In this paper, cooling towers with mist prevention system is presented. Cooling towers with mist prevention system is a hybrid system. In this type of cooling towers, circulation of two separate cooling towers is executed in a single cooling tower. Moreover the single cooling tower includes dry and wet sections and operates as a cooling device. Therefore the designed cooling tower incorporates the properties of both direct-contact and indirect-contact cooling towers.

This paper includes studies about cooling towers which work dry and wet in principle. Wet and dry cooling towers have two sections, the bottom section which has the wet portion and the top section which has the dry portion, the bottom section which has the wet portion and the top section which has the dry portion. The saturated air which enters the bottom of the cooling tower mixes up with the air that is comparatively drier; and this mixture has less saturation point thus the formation of the vapor is prevented.

**Keywords :** Hybrid cooling tower, heat transfer, heat exchanger, psychometric

\* İletişim yazarı  
Geliş tarihi : 13.09.2010  
Kabul tarihi : 19.10.2010

## GİRİŞ

**E**ndüstride birçok işlemde su, soğutma amacıyla kullanılmaktadır. Proseslerden geçmiş suyu mevcut kaynakları tüketmeden tekrar kullanabilmek, sudaki istenmeyen ısıyı uzaklaştırmak, bunu zararsız ve ucuz olarak çevreye atabilmek kurulacak bir soğutma kulesi ile mümkün olacaktır.

Günümüzde su soğutma amacıyla birçok soğutma kulesi çeşidi kullanılmaktadır. Soğutma kulelerinin en önemli özellikleri; minimum derecede enerji kullanarak doğaya zarar vermeden istenilen seviyede suyu soğutup tekrar kullanıma gönderebilmeleridir. Bir soğutma kulesinin çalışma prensibi; kule altından giren ortam havası dolgu üzerine püskürtülen su ile karşılaştırılarak sudaki istenmeyen ısının hava ile uzaklaştırılmasıdır. Islak bir soğutma kulesinden su soğutulması sırasında suyun bir kısmı havaya nem olarak girer ve hava ile birlikte atmosfere atılır. Bu ise kule üzerinde bir sislenmeye neden olur. Kulede buharlaşan su miktarına eşit su ilavesi gerekir. Bu çalışmanın hedefi kuledeki sislenmenin önüne geçmek ve böylece ilave doldurma suyuna ihtiyacı minimuma indirmektedir. Kuledeki sislenmenin önüne geçmenin birden çok çözümü olabilir. Buna örnek verecek olursak; kule içerisine bir ısı değiştiricisi koymak, kule çıkış havasını ısıtabilecek bir doğal gaz brülörü kullanmak, ya da kule çıkış havası üzerine çeşitli kimyasallar püskürtmek olabilir. Bu çalışmada sislenmenin önüne geçmek için kule iki kademededen oluşturulacak olup birinci kademe ıslak, ikinci kademe ise kuru kısımdan oluşacaktır. Islak taraftan şartlandırılmış olarak çıkan hava, kuru taraftan sıcaklığı artmış ancak nem oranı daha düşük olarak çıkan hava ile karşılaştırılarak, kule çıkış havası şartlarının doyma eğrisinin altında olması sağlanacaktır. Bu yöntemin diğer yöntemler yerine tercih edilmesinin sebebi kulenin diğerlerine göre kullanımının daha elverişli olmasıdır.

Sislenmenin önüne geçerken enerji tasarrufunu da sağlayabileceğimiz ve ilk yatırım maliyetinden sonra kule işletme giderlerinin en düşük olduğu sistemin kule içerisinde bir ısı değiştiricisi kullanılmak olduğu aşikâr görülmektedir.

## SIS ÖNLEYİCİLİ HİBRİD SOĞUTMA KULELERİ

## Tanıtım

Hibrid soğutma kuleleri Amerika'da genellikle ıslak-kuru soğutma kuleleri olarak adlandırılmaktadır. Hibrid soğutma kuleleri 1970'lerin başlarında çevresel faktörlerin önem kazanmasıyla gelişmeye başlamıştır. Amerikan Çevresel Korunma Ajansı ıslak soğutma kulelerinde çıkan görülebilir sisin sınıflandırmasını

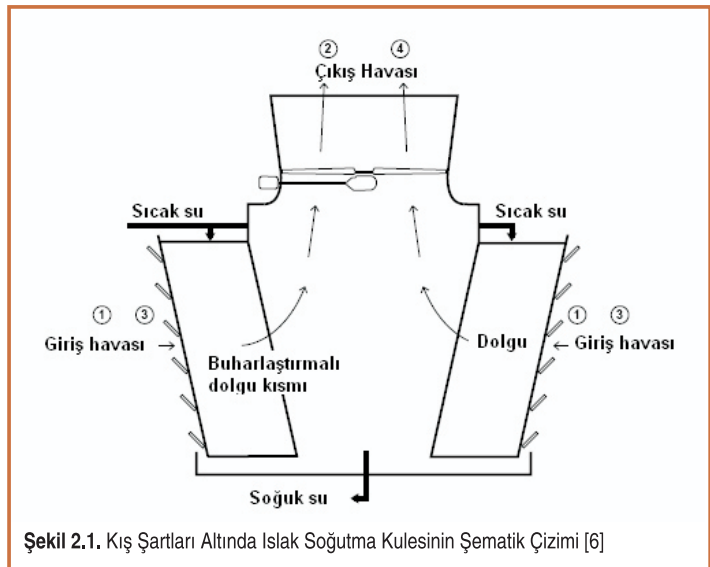
yapmıştır. Hibrid soğutma kuleleri ile çıkış havasındaki bu görülebilir sis önlenmiştir. İlk kullanım alanları büyük güç ve endüstriyel tesisler olmuştur [1].

## Islak Soğutma Kulelerinde Sislenme

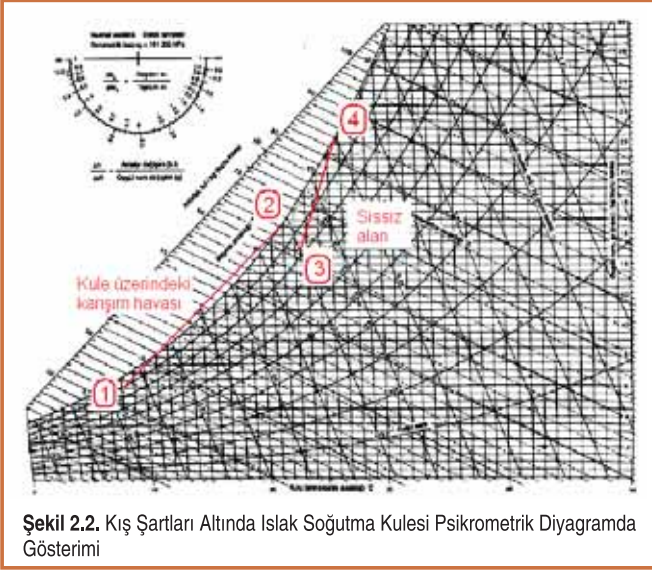
Görülür sislenme çevresel bir kirlilik değildir. Sislenme esas olarak saf su buharıdır. Sislenmeyi meydana getiren nedenlerden biri, ısınmış hava kütlesi soğutma kulesinden ayrılırken suyun bir kısmının havaya nem olarak girmesidir. Bir diğer nedende, soğutma kulesi dolgusunda su dolaşımı sırasında kuledeki hava akımı doğrultusunda suyun taşınmasıdır. Modern soğutma kulelerinde dolgudaki bu su taşınımı çok azdır. Su taşınımı tipik bir dolguda dolaşım suyu oranının % 0.005 oranından az olmalıdır [1].

Islak soğutma kuleleri çevre havaya ısı ve nem aktarırlar (Şekil 2.1). Aşağıda kış şartlarında çalışan bir kuleye giren havanın şartları psikometrik diyagramda incelenmiştir (Şekil 2.2). Kuru termometre sıcaklığı yatay ekseninde yükselirken, havanın nemliliği dikey ekseninde yükselmektedir. Soğutma kulesi üzerinde büyük miktarda bir kütle transferi oluşmaktadır. Şekilde 3 ve 4 noktaları yaz şartlarını ifade etmektedir. Buharlaşma; dolguda daha düşük bir ısı transferi ile veya giriş havasının düşük bağıl neme sahip olmasıyla azaltılabilir.

Islak soğutma kulelerinde oluşan buharlaşma miktarı kadar su havuzuna su ilavesi gerekmektedir. Islak soğutma kulelerinde fan üzerinde hava % 100 ün üzerinde doyma oranına sahiptir. Bu yüzden gözle görülebilir bir sis oluşmaktadır. Psikometrik diyagram üzerinde (Şekil 2.2) kule giriş şartlarını ifade eden 1 noktası ile kule çıkış şartlarını ifade eden 2 noktası birleştirilirse doyma eğrisinin solunda kalan kısımda sislenme oluşacağı görülür. Benzer şekilde yaz konumunda kule çıkış şartlarının (4 noktasının) doyma eğrisine çarptığı ve bu noktada sislenme oluşacağı görülmektedir [1].



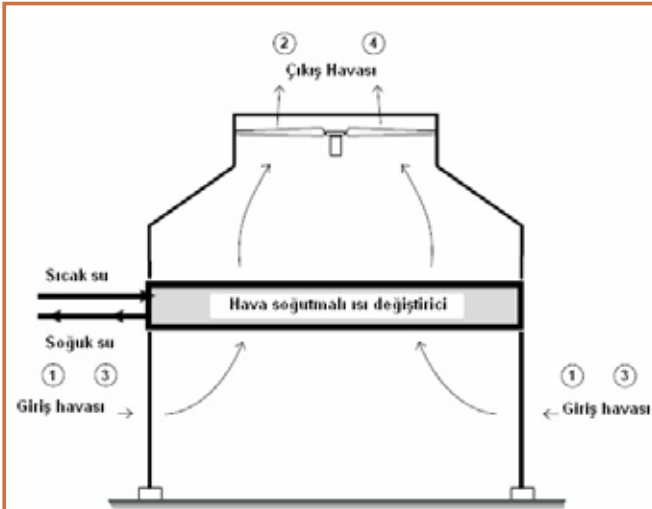
Şekil 2.1. Kış Şartları Altında Islak Soğutma Kulesinin Şematik Çizimi [6]



Şekil 2.2. Kış Şartları Altında Islak Soğutma Kulesi Psikrometrik Diyagramda Gösterimi

### Hava Soğutmalı Isı Değiştiriciler

Hava soğutmalı ısı değiştiricilerinin kullanılmasından beri havaya nem eklenmesinin önüne geçilebilmiştir. Aşağıdaki (Şekil 2.4) incelenirse 1 şartlarında nemli olarak kuleye giren hava, ısı değiştirici üzerinden geçmekte ve x eksenı boyunca kuru termometre sıcaklığı artarken y eksenindeki özgül nem sabit kalmaktadır. Burada bulunan 3 ve 4 noktaları yaz şartlarını göstermektedir [1].

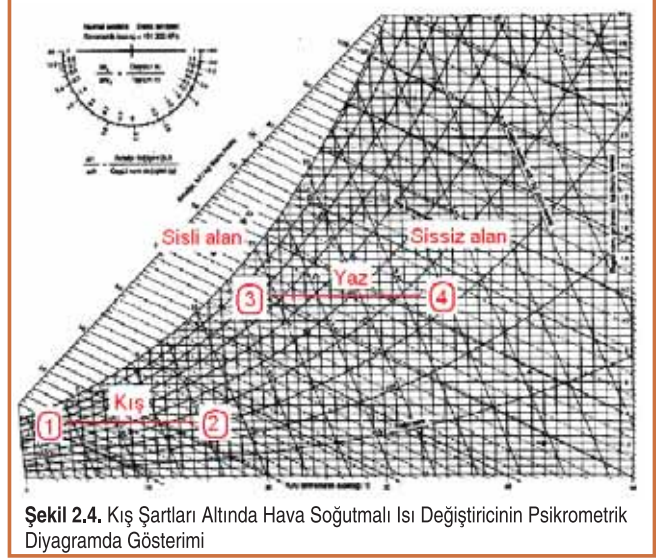


Şekil 2.3. Kış Şartları Altında Hava Soğutmalı Isı Değiştiricinin Şematik Çizimi [6].

### Hibrid Soğutma Kulesi ile Sisın Önüne Geçilmesi

Çoğu hibrid soğutma kulesinde; kanatçıklı borulu ısı değiştirici, ıslak kısım içerisinde hava ısıtıcı vb. donanımlar bulunmaktadır. Diğer hibrid soğutma kuleleri kuru ve ıslak kısımlar için ayrı fanlardan yararlanmaktadır. Hibrid soğutma kuleleri genellikle hava giriş tasarım şekillerine göre sınıflandırılırlar. İki tür sınıflandırma bulunmaktadır.

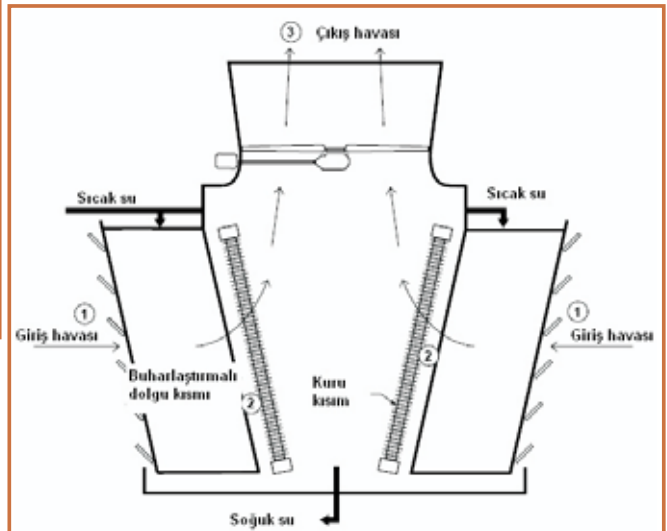
Bunlardan biri paralel hava akış yönlü diğeri ise seri hava akış yönlü hibrid soğutma kulesidir [4].



Şekil 2.4. Kış Şartları Altında Hava Soğutmalı Isı Değiştiricinin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi

### Seri Hava Akış Yönlü Hibrid Soğutma Kulesi

Seri hava akış yönlü soğutma kulelerinde kule dolgusunun hemen arkasında ısı değiştirici bulunmaktadır. Aşağıda (Şekil 2.5) şematik olarak görülmektedir. Seri bağlamanın çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; ıslak kısımdaki dolguda biriken büyük parçacıklar kuru kısma geçen hava miktarını azaltır, ıslak kısımda biriken büyük parçacıklardan dolayı hava akımına gösterilen direnç fan basıncının yükselmesine neden olur. Islak kısımdan çıkan havanın kuru termometre sıcaklığının yükselmesinden dolayı kuru kısımda daha az soğutma sağlanabilecektir. Bir diğer bağlama şekli kuru kısmın yaş kısmın üzerine yerleştirilmesidir. Kuru

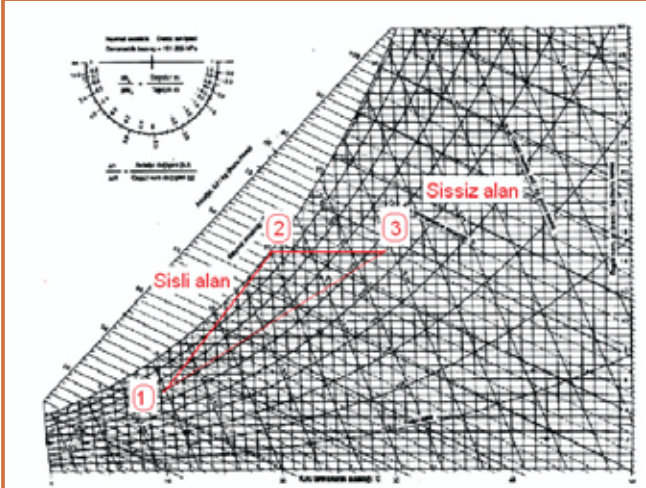


Şekil 2.5. Seri Hava Akış Yönlü Hibrid Soğutma Kulesinin Şematik Çizimi [6]

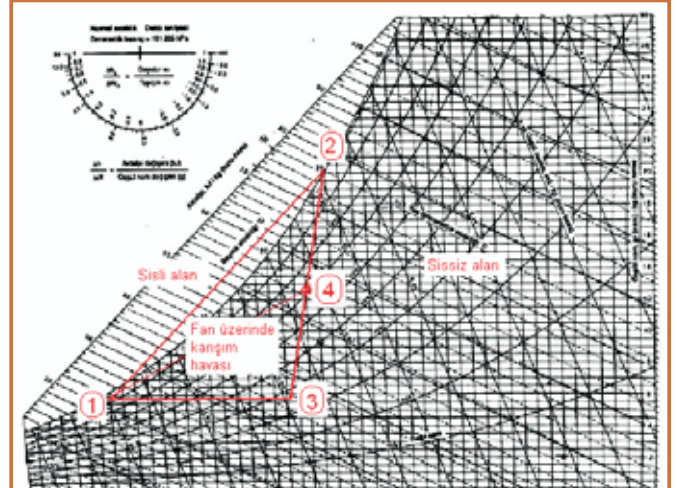


kısımdan geçen havanın kuru termometre sıcaklığı yükselmekte özgül nemi ise sabit kalmakta, ıslak kısımdan geçen havanın ise yaş termometre sıcaklığı ve özgül nemi yükselmektedir. Bu sistemin psikrometrik diyagram üzerinde kesin olarak çalışacağı görülmektedir.

iyi bir ısı performans sağlamalarından dolayı tercih edilmektedirler. İntegral tasarım genellikle suyun temiz olduğu yerlerde tercih edilmektedir. Daha iyi ısı transferi, düşük fan enerji ihtiyaçları integral tasarımın tercih nedenlerindedir.



Şekil 2.6. Seri Hava Akış Yönlü Hibrid Soğutma Kulesi Psikometrik Diyagramda Gösterimi



Şekil 2.8. Paralel Hava Akış Yönlü Hibrid Soğutma Kulesi Psikometrik Diyagramda Gösterimi

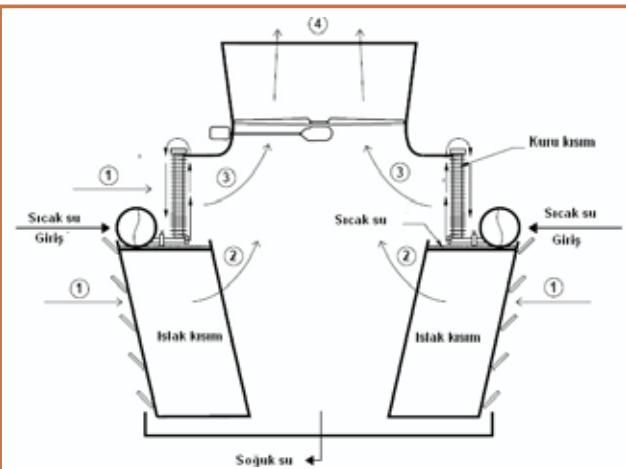
### Paralel Hava Akış Yönlü Hibrid Soğutma Kulesi

Paralel hava akış yönlü hibrid soğutma kuleleri; paralel, integral ve dış ısı kaynaklı soğutma kuleleri olarak üç grupta toplanabilir.

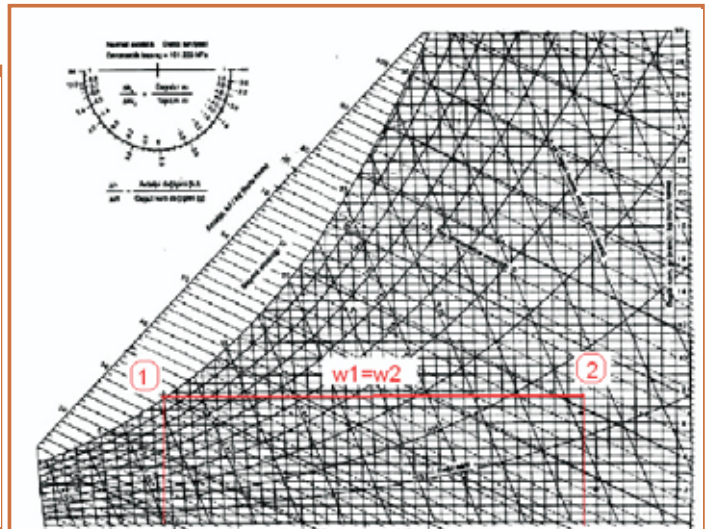
- Paralel hava akış yönlü: Isı kaynağından gelen su kuru ve ıslak kısma sıcak su olarak ayrı ayrı girer. Bu tasarım çok fazla tercih edilen bir sistem değildir.
- İntegral: İntegral tasarımda kuru kısımdan geçen orta seviyede soğutulmuş su bir kolektörde toplanarak oradan ıslak kısma gönderilir. Düşük fiyatları ve tüm su akışlarında

### Nemli Havanın Duyulur Olarak Isıtılması

Bu çalışmada kullandığımız ısıtıcı serpantin yüzeylerinde, havanın ısıtılması bu yöntemle yapılmıştır. Soğutma suyu ısıtıcı serpantin içerisinden geçerken nemli hava ısıtılmış olacak fakat havadaki nem oranı artmayacaktır. Çünkü kapalı sistemde kuru hava içerisine nem girmeyecek böylece havadaki özgül nem sabit kalacaktır. Nemli havaya duyulur ısı ilave etme işlemini psikrometrik diyagramda Şekil 2.9'da olduğu gibi gösterebiliriz.



Şekil 2.7. Paralel Hava Akış Yönlü Hibrid Soğutma Kulesi Şematik Çizimi [6]



Şekil 2.9. Nemli Havaya Duyulur Isı İlave Edilmesi

### İki Nemli Havanın Adyabatik Karışımı

İklimlendirme sistemlerinde çok karşılaşılan bir olay, farklı iki özellikteki nemli havanın adyabatik karışımıdır. Adyabatik karışım olayında aşağıdaki üç temel denklem yazılabilir [5].

$$m_{a1} \cdot h_1 + m_{a2} \cdot h_2 = m_{a3} \cdot h_3$$

$$m_{a1} + m_{a2} = m_{a3}$$

$$m_{a1} \cdot \omega_1 + m_{a2} \cdot \omega_2 = m_{a3} \cdot \omega_3$$

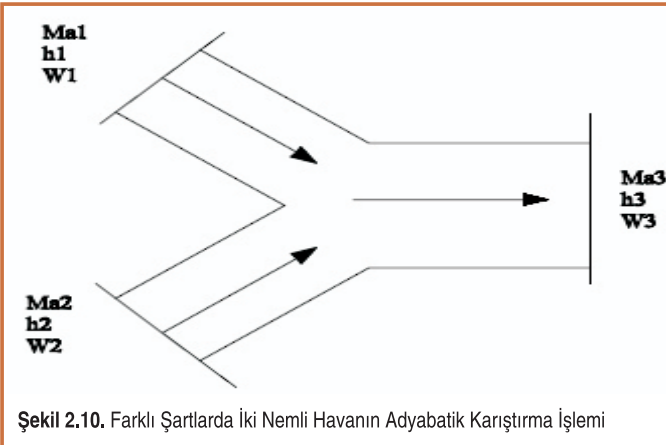
Bu denklemlerde, karışımdan sonraki havanın kütleli debisini gösteren  $m_{a3}$  terimi yok edilirse

$$(h_2 - h_3) / (h_3 - h_1) = (\omega_2 - \omega_3) / (\omega_3 - \omega_1) = m_{a1} / m_{a2} \quad (2.1)$$

Bağıntısı yazılabilir. Bu bağıntıya göre iki nemli havanın adyabatik karıştırma işlemi sonunda elde edilen nokta, psikometrik diyagramda, bu noktaları birleştirerek elde edilen doğru parçasının, iki havanın kütleli debilerinin oranlanması yardımıyla bu doğru parçası üzerinde kolayca bulunabilir.

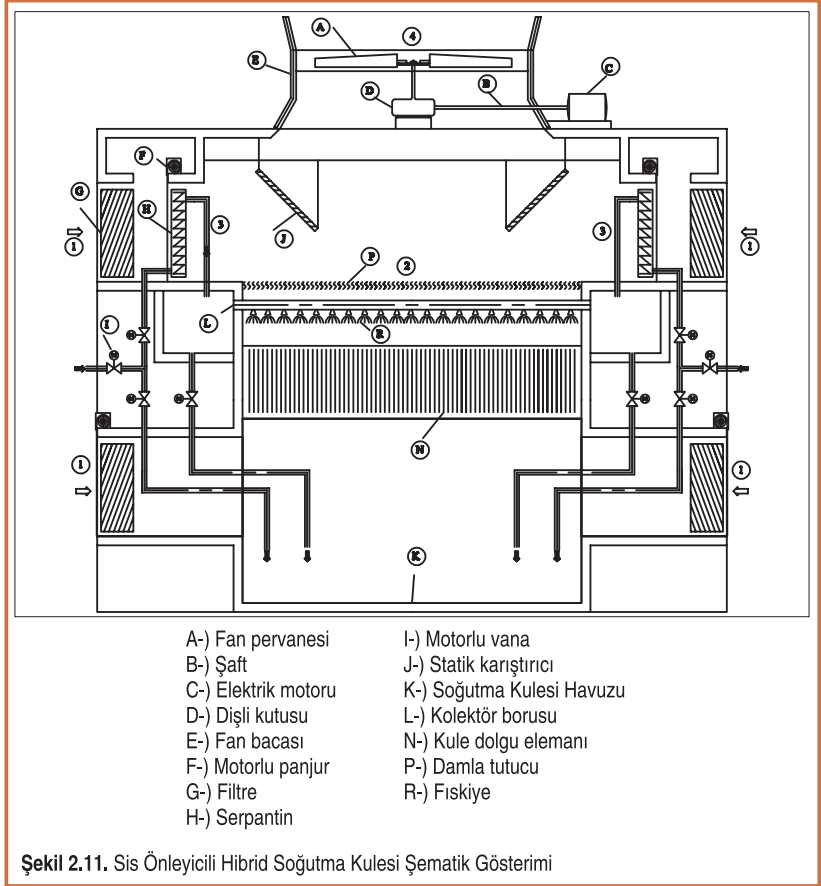
### Verilen Tasarım Şartları Altında Sis Önleyicili Hibrid Soğutma Kulesi Analizi

Şekil 2.11'de sislenmenin önüne geçilmesi için bir kule tasarımı yapılmış ve şematik olarak gösterilmiştir. Tasarımdan da görüleceği üzere kule iki kısımdan oluşturulmuştur. Birinci kısımda prosten gelen soğutma suyu kule üst tarafına yerleştirilmiş ısı değiştiricisine girmekte ve soğutma suyu



Şekil 2.10. Farklı Şartlarda İki Nemli Havanın Adyabatik Karıştırma İşlemi

istenen dereceye kadar soğutulurken, giriş havasına duyulur ısı ilave edilmektedir. Kule üst tarafına iki yönde ısı değiştirici konulmuştur. Prosten gelen soğutma suyu bu değiştiricilere eşit miktardaki debilerle girmektedir. Isı değiştiriciden çıkan soğutma suları bir toplama kolektörü havuzunda toplandıktan sonra kule yaş kısmı içerisinde bulunan dolgu üzerine püskürtülmektedir. Bu kısımda hava



Şekil 2.11. Sis Önleyicili Hibrid Soğutma Kulesi Şematik Gösterimi

ile su arasında ısı transferi gerçekleşmekte ve havanın hem sıcaklığı hemde nem oranı artmaktadır. Kule fan grubunun altına iki adet sabit karıştırıcı, havanın homojen olarak dağılmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Fan altındaki bu bölümde farklı özellikteki iki farklı havanın adyabatik olarak karışması sağlanarak istediğimiz nem oranında ve sıcaklıkta hava şartları temin edilerek fan yardımıyla atmosfere atılır (Şekil 2.12).

Sahada monte edilen büyük tesislerde, ıslak-kuru soğutma kulesi kombinasyonları sis duman kontrolünde pratik çözümler sunmaktadır.

Bu kombinasyonda bir kulenin ıslak kısmı ısı değiştiricisinin kuru yüzeyi ile seri veya paralel olarak bir araya getirilir. Böyle ünitelerde ıslak kısmı terkeden doymuş çıkış havası, kule çıkışında ikincil bir doymuş hava karışımı üretmek için, kule içinde kanatlı eşanjör kısmından geçen sıcak ve nispeten kuru bir hava ile karşılaştırılır.

Soğutma kulelerinin üzerinde sis bulunmaması gereklidir. Normal olarak ıslak soğutma kulesi, havanın su buharına doygunluk noktasında çalışır. Hava sıcaklığı yüksek, havadaki nem oranı düşük olduğunda, buharlaşan su hava tarafından tamamen absorbe edilebilir. Bu durumda gözle görülür sis oluşmaz. Hava sıcaklığı düşük olduğunda ise hava, buharlaşan