



TTMD  
Adına Sahibi  
Hüseyin Erdem

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü  
Abdullah Bilgin

Genel Yayın Yönetmeni  
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

**Yayın Kurulu**  
Gürkan Arı  
İ. Zeki Aksu  
Abdullah Bilgin  
Aytekin Çakır  
Dr. İbrahim Çakmanus  
Remzi Çelik  
Erbay Çerçioğlu  
Faruk Çimen  
Ali Rıza Dağlıoğlu  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Günerhan  
Orhan Murat Gürson  
Halim İman  
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç  
Selami Orhan  
Züleyha Özcan  
Fevzi Özel  
E. Aybars Özer  
S. Seden Çakıroğlu Özteker  
Yeşim Portakal  
İsmet Ünlü Taner  
Halil Bora Türkmen

Dergi Yayın Sorumlusu  
Gülten Acar

Dergi Yayın Asistanı  
İlknur Altınbaş

#### İletişim

Ankara : Bestekar Sokak Çimen Apt.  
No :15/2 06680 Kavaklıdere  
Tel: 0.312. 419 45 71 - 419 45 72  
Faks: 0.312. 419 58 51  
web: <http://www.ttmd.org.tr>  
e-mail: [ttmd@ttmd.org.tr](mailto:ttmd@ttmd.org.tr)

İstanbul : İnönü Caddesi, Mercan Sokak  
STFA Konutları B-8 Blok No:12/4 Kozyatağı  
Tel: 0.216. 464 93 50  
Faks: 0.216. 464 93 51  
web: <http://www.ttmd.org.tr>  
e-mail: [ttmd.istanbul@ttmd.org.tr](mailto:ttmd.istanbul@ttmd.org.tr)

**TTMD Yönetim Kurulu**  
Hüseyin Erdem (Başkan)  
Abdullah Bilgin (Başkan Yrd.)  
Hırant Kalataş (Başkan Yrd.)  
Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç (Başkan Yrd.)  
Dr. İbrahim Çakmanus (Genel Sekreter)  
Orhan Murat Gürson (Muhasip Üye)  
İ. Zeki Aksu (Üye)  
Levent Alatlı (Üye)  
Gürkan Arı (Üye)  
Handan Özgen (Üye)  
S.Seden Çakıroğlu Özteker (Üye)  
Tuğay Tunç (Üye)  
Cafer Ünlü (Üye)

41. Sayının Eki

## Su Soğutma Kuleleri

*Fevzi Özel, Mak. Müh.; TTMD Üyesi*

*Faruk Çimen, Mak. Müh.; TTMD Üyesi*

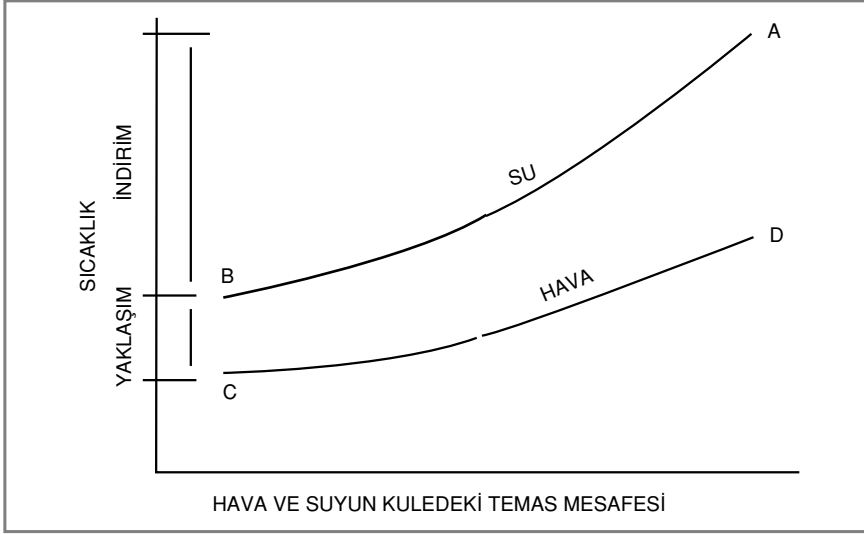
### 1.Giriş

Su soğutma kuleleri endüstriyel klima uygulamalarında, konfora yönelik klima uygulamalarında ve endüstride proseste kullanılan suyu soğutma amaçlı cihazlardır. Soğutma kulelerinin endüstride proses suyunu direkt veya indirekt soğutması genellikle yaygındır ve bazı durumlarda zaten çok da fazla alternatifi olmayan bir soğutma yöntemidir. Bunun ile beraber klima uygulamalarında soğutma kuleleri seçilen soğutma sistemine bağlı olarak tercih edilen veya edilmeyen bir ekipman olabilmektedir.

Soğutma kuleleri genel olarak bünyesinde dolaştırılan suyun üzerinden atmosferik havanın dolaştırılması sayesinde suyun bir bölümünün sabit basınçta buharlaştırılması prensibine dayalı olarak ısıyı atmosfere atma prensibi ile çalışırlar ve bu sayede kuleye giren su, kuleden çıkarken belirli bir miktar soğutulmuş olur. Hava su üzerinden geçirilirken teorik olarak %100 bağıl neme ulaştırılmış olur. Ancak bu doyma noktası pratikte % 85-90 mertebelerinde gerçekleşir.

Bir soğutma tesisi projelendirildiğinde su soğutma grubu olarak, su soğutmalı kondenserli soğutma grubu seçilmiş ise bu durumda soğutma grubunun ana ekipmanlarından biri olan kondanserinin soğutulabilmesi için ayrıca su soğutma kulesine ihtiyaç vardır. Eğer klima sistemi hava soğutmalı kondenserli olarak dizayn edilmiş ise bu durumda sistemde su soğutma kulesine doğal olarak ihtiyaç olmayacaktır. Çoğu zaman su soğutma sisteminin hava soğutmalı mı yoksa su soğutmalı mı seçilmesi gerektiği ülkemizde olduğu kadar dünyada da üreticiler, tasarımcılar, satıcılar kısacası konu ile ilgili tesisat mühendisleri tarafından yoğun olarak tartışılmakta, bazen hava soğutmalı bazen de su soğutmalı kondanserli sistemler ön plana çıkarılmaya çalışılmakta veya birinin diğerinden daha iyi olduğu yönünde yaklaşımlar ortaya konulabilmektedir. Aslında bu konu, bu çalışmanın doğrudan konusu olmamak ile beraber, bir sistemin su soğutmalı kondanserli veya hava soğutmalı seçilip seçilmeyeceği konusu aşağıda verilen ana başlıklar ile doğrudan ilgilidir.

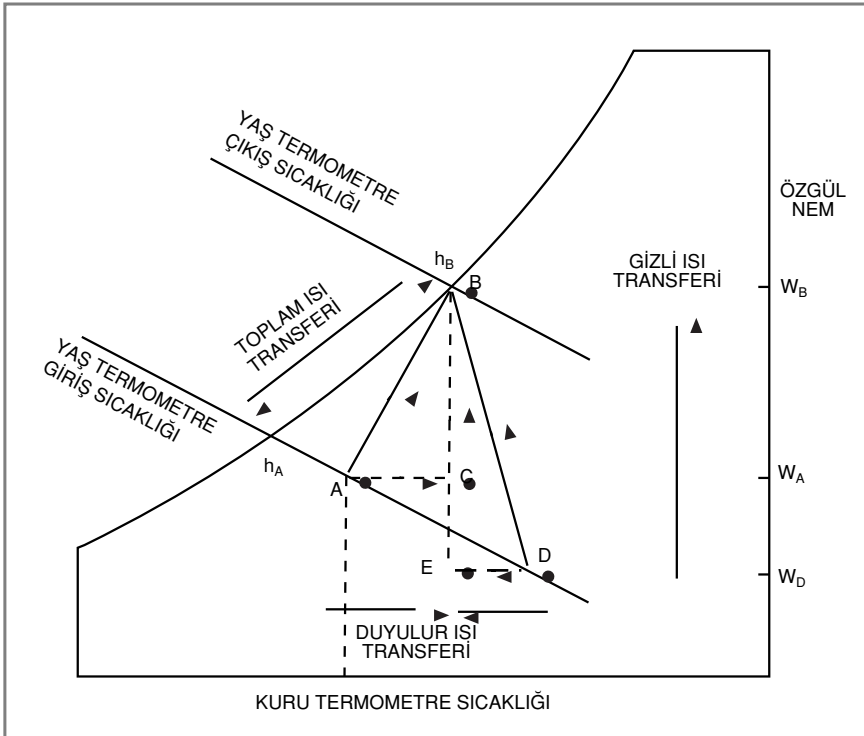
- Sistemin toplam soğutma yükü,
- Dış iklim şartları,
- Mimari açıdan yapının değerlendirilmesi,



fiakil 1. Ters akışlı kulelerde hava arasındaki sıcaklık ilişkisi.

- Kaynaklar, enerji olanakları ve şartları,
- Yatırımcının beklentileri,
- İlk yatırım bedelleri,
- İşletme giderleri,
- İşletme personeli,
- Gürültü ve diğer çevresel şartlar.

Aslında yukarıdaki maddelerden de anlaşılacağı üzere tasarımcı şüphesiz çeşitli değerlendirmeleri sonucunda sistemi nasıl dizayn edeceğine karar verecektir. Ancak genel olarak su soğutmalı kondanserli sistemlerin verimlerinin hava soğutmalı sistemlerden daha iyi olduğunu ama sistem seçimlerinde bu durumun tek kriter olarak ele alınarak şu sistem iyi bu sistem kötü değerlendirmelerinin çok yanlış olabileceği söylenebilir.



fiakil 2. Kuleden geçen havanın psikrometrik analizi.

Bir soğutma kulesi ısı ve kütle transferi kombinasyonu ile suyu soğutur. Su, nozullar veya fiskiyeler ile pulvarize edilirken ve geniş bir yüzey alanı oluşturması için su parçacık bariyerleri veya damla tutucular üzerinden indirilirken geçirilen hava sayesinde soğutulmuş olur. Şekil-1'de görüldüğü üzere su soğutma kulelerinde hava ile su arasında sıcaklık ilişkisi vardır. Su A noktasından B noktasına kadar soğutulurken, kuleden geçen suyu soğutması için kullanılan havanın yaş termometre sıcaklığı C noktasından D noktasına kadar ısınmış olur. Burada suyun soğutma kulesine girişi ile çıkışı arasındaki fark indirim olarak adlandırılmaktadır. Suyun soğutma kulesinden çıkış sıcaklığı ile havanın soğutma kulesine giriş yaş termometre sıcaklığı arasındaki fark ise "yaş termometre sıcaklığına yaklaşım" ya da kısaca "yaklaşım" olarak adlandırılır. Yaklaşım bir soğutma kulesinin soğutma yeteneğini ifade eder.

Öngörülen bir soğutma kulesinden daha büyük bir kule kullanıldığını varsayarsak burada soğutma kulesi çıkış suyu sıcaklığının yaş termometre sıcaklığına daha da yaklaşabileceğini söylemek mümkündür. Makul boyutlarda bir soğutma kulesi seçebilmek için yaklaşım değeri 2 veya 3°C' den daha küçük seçilmemelidir. Aslında tersi durum teorik olarak şüphesiz mümkündür, ama seçilen kulenin boyutları ekonomik olmaktan uzak olacaktır.

Su soğutma kulesindeki termal performans hava giriş yaş termometre sıcaklığına doğrudan bağlıdır. Hava giriş kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değeri tek başına değerlendirildiğinde bu durum kulenin termal performansına direkt etken olmamak ile beraber kuleden buharlaşacak suyun miktarına etki yapabilecektir.

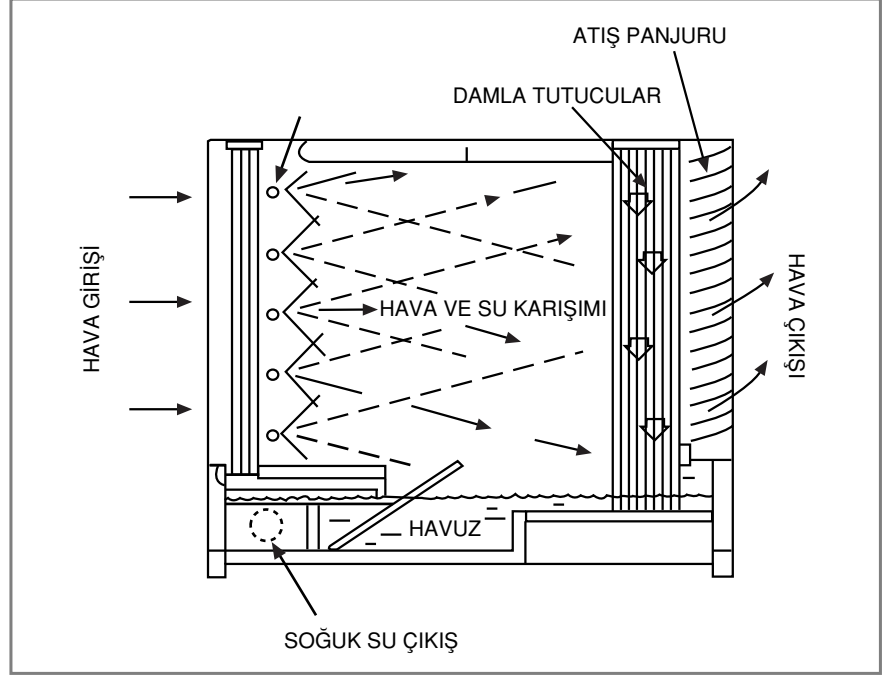
Kuleden geçen havanın psikrometrik pozisyonunu gösteren Şekil-2'de görüldüğü üzere, ortam havası A noktasından girerken sudan ısı ve nem alarak B noktasından doymuş ve doymaya yakın bir değerde çıkar. Bu durumda sudan havaya gerçekleşmiş olan toplam ısı transferi, havanın giriş entalpisi ile çıkış

entalpisi arasındaki fark oranı kadardır. Aslında entalpi çizgileri ile yaş termometre çizgilerinin hemen hemen üst üste oluşundan dolayı bu fark giriş yaş termometre sıcaklığı ile çıkış yaş termometre sıcaklığı arasındaki fark kadardır da denilebilir. A noktası ile C noktası arası suyun soğutulması esnasında havanın bünyesine aldığı duyulur ısı miktarını, C ile B arası ise gizli ısı miktarını göstermektedir. Bir varsayım ile havanın giriş yaş termometre sıcaklığını değiştirmeksizin, ama daha yüksek bir kuru termometre sıcaklığı ile D noktasından hava girişi yapıldığı durumda DE havanın duyulur soğutmasını temsil ederken, EB suyun havaya bıraktığı gizli ısıyı temsil eder. Görüleceği üzere aynı su soğutma yüküne sahip iki durumda gizli ısı ile duyulur ısı oranları arasında bariz değişiklik mevcuttur. Bu durum şu sonucu çıkarmaktadır. Su soğutma kulesinin su kullanımı açısından gizli ısı ve duyulur ısı oranları çok önemlidir. AB durumunda buharlaşma oranı DB durumundakinden daha azdır.

Daha önce de ifade edildiği gibi evaporatif bir soğutma kulesinde kuleye hava giriş kuru termometre sıcaklığının kulenin termal yeteneği üzerinde doğrudan bir etken olmadığı, ancak soğutma kulesinin buharlaşan su miktarı açısından doğrudan bir kriter olduğunun göz ardı edilmemesi gerekir. Direkt temaslı, yani açık tip soğutma kulelerinde durum bu şekilde iken, dolaylı temaslı, yani kapalı tip kulelerde kuru modunda çalışma halinde şüphesiz ki hava giriş kuru termometre sıcaklıkları soğutma kulesinin performansı üzerinde artırıcı veya azaltıcı tesir yapabilmektedir.

Bir su soğutma kulesinin dizaynında ve seçiminde kapasitesine de etken olması bakımından dikkate alınması gereken temel parametreler şunlardır.

- Kuleye suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları,
- Kuleye havanın giriş yaş termometre sıcaklığı veya bazı durumlarda hem yaş termometre hemde kuru termometre sıcaklıkları,
- Su debisi.



fişkil 3. Yatay püskürtmeli kule.

Eğer su soğutmalı kondanserli bir su soğutma sisteminde kondanser soğutması için su soğutma kulesi kullanılacak ise burada su soğutma kulesi kapasitesi aşağıdaki bağıntı ile elde edilebilir.

$$Q_{kule} = F \cdot (Q_E + 860 \cdot N_K)$$

Bu bağıntıda,

$Q_{kule}$  (kcal/h) : Su soğutma kulesi kapasitesi

$Q_E$  (kcal/h) : Su soğutma grubu evaporatör kapasitesi

$N_K$  (kW) : Su soğutma grubu kompresörünün çektiği güç

$F$  : Düzeltme katsayısı (kayıplar vb. göz önüne alınarak  $F$  değeri yerine 1.1 - 1.15 arasında bir değer yazılır).

Bu durumda su soğutma kulesinin seçimi aşamasında aşağıdaki bağıntı ile su soğutma kulesi için dizayn değerleri tespit edilir.

$$V = Q_{kule} / \Delta T \cdot 1000$$

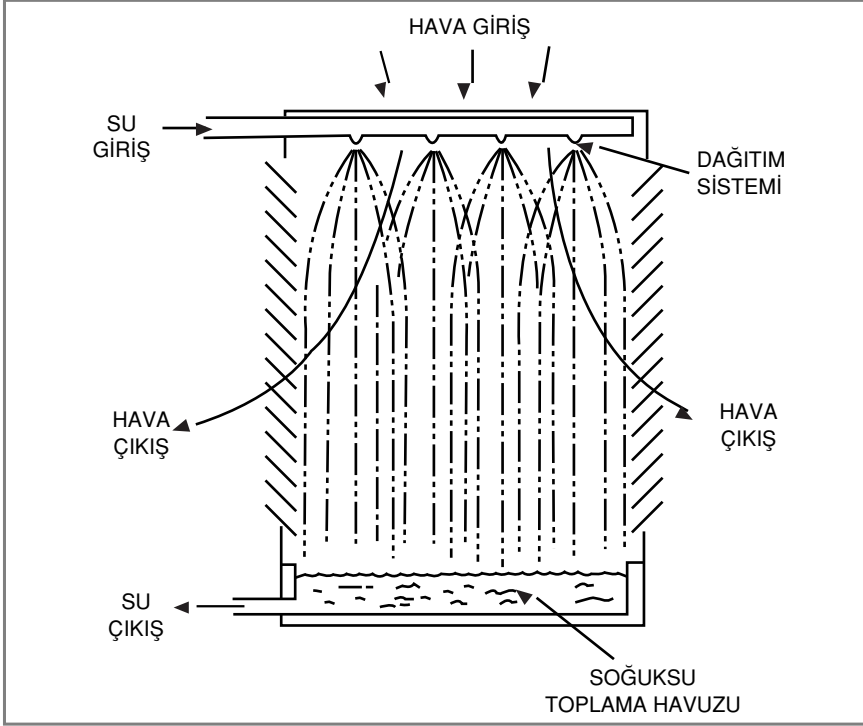
Bu bağıntıda,

$V$  (m<sup>3</sup>/h) : Su debisi

$Q_{kule}$  (kcal/h) : Su soğutma kulesi kapasitesi

$\Delta T$  (°C) : Kuleye suyun giriş sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasındaki fark.

Burada  $\Delta T$  değeri, başka bir deyiş ile kuleye suyun giriş sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı değerleri tespiti tamamen su soğutma grubu kondanserinin giriş çıkış sıcaklıklarına göre değerlendirilir. Ön görülen su debisi de yine kondanserde dolaşması gereken su debisi değeridir. Bu değerler bulunduktan sonra artık geriye üretici kataloglarından kuleye havanın giriş yaş termometre sıcaklığı da göz önüne alınarak su soğutma kulesinin seçimi kalmış demektir. Burada su soğutmalı kondanserli bir soğutma grubunun ihtiyaç duyacağı kuleye ait kapasite hesabından bahsedildi.

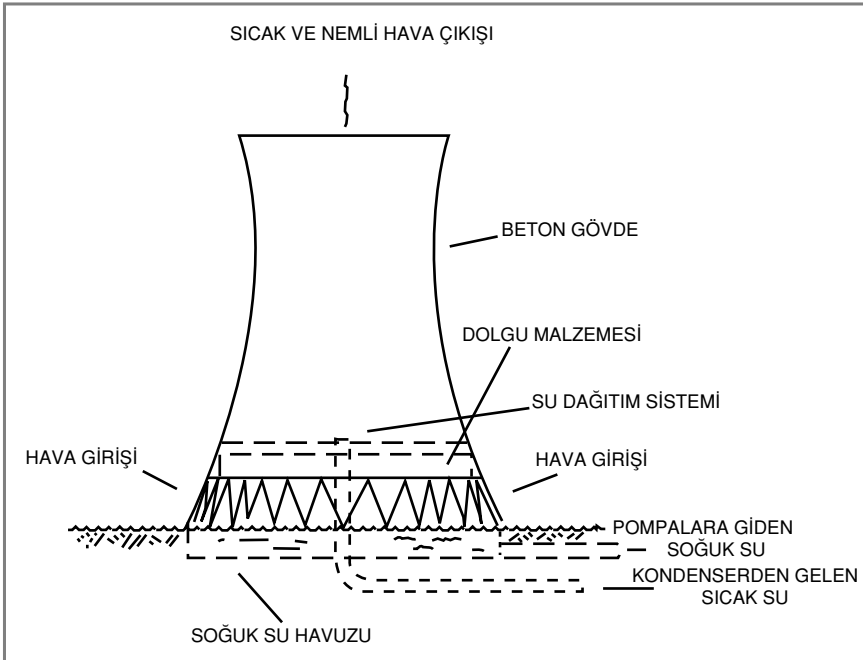


fişkil 4. Dikey püskürtmeli kule.

Eğer su soğutma kulesine endüstriyel bir sistemde proses suyu soğutması için ihtiyaç duyuluyorsa kapasite hesabının yapılabilmesi için öncelikle prosesteki soğutma suyunun soğutma ihtiyacının belirlenmesi gerekir. Bu anlamda genelde proseste kullanılan suyun debisinin, sisteme giriş sıcaklığının ve sistemden çıkış sıcaklığının bilinmesi yeterli olacaktır. Bu veriler doğrudusunda kule kapasitesi;

$$Q_{kule} = F \cdot V \cdot (T_{sç} - T_{sg})$$

Bağıntısı ile hesaplanabilir.



fişkil 5. Hiperbolik kule.

Bu bağıntıda,

$V$  ( $m^3/h$ ) : Sistem su debisi,

$Q_{kule}$  (kcal/h) : Su soğutma kulesi kapasitesi,

$T_{sç}$  ( $^{\circ}C$ ) : Sistem su çıkış sıcaklığı,

$T_{sg}$  ( $^{\circ}C$ ) : Sistem su giriş sıcaklığı,

$F$  : Düzeltme katsayısı

(kayıplar vb. göz önüne alınarak  $F$  değeri yerine 1.1 - 1.15 arası bir değeri yazılır).

## 2. Soğutma Kulesi Tipleri

Soğutma Kuleleri, üretici tarafından fabrikadan ürün olarak montaj sahasına gönderilebildikleri gibi, eğer montaj yerindeki şartlar demonte olarak ürünün gelmesini gerektiriyor ise tamamen veya kısmen demonte olarak da sevk edilerek yerinde kurulabilirler. Bu durum bazen su soğutma kuleleri için bir avantaj oluşturabilmektedir.

Soğutma kulelerini hava ile suyun akış şekilleri ve yönleri göz önüne alındığında,

- Ters akışlı su soğutma kuleleri,
- Çapraz akışlı su soğutma kuleleri,
- Paralel akışlı su soğutma kuleleri, şeklinde sınıflandırılabilir. Ayrıca su soğutma kuleleri üretimlerinde kullanılan gövde ve elemanların yapısına göre,
- Galvaniz sac gövdeli,
- Paslanmaz sac gövdeli,
- CTP (cam takviyeli polyester) gövdeli,
- Ahşap gövdeli,
- Betonarme gövdeli,

Gibi farklı yapılar ile talep ve temin edilebilirler. Burada değerlendirmede kriter şüphesiz ki beklenen ömür, işletim maliyetleri, kulenin kullanılacağı yer, ilk yatırım maliyetleri vb. olacaktır.

Su soğutma kuleleri havanın veya suyun atmosfer ile teması açısından iki ana gruba ayrılabilirler.

- Direkt temaslı (açık tip su soğutma kuleleri),
- Dolaylı temaslı (kapalı tip su soğutma kuleleri).

### 2.1 Direkt Temaslı (Açık Tip Su Soğutma Kuleleri)

Bu tip soğutma kulelerinde soğutulan su doğrudan atmosfere açıktır ve suyun soğutulması

sırasında buharlaşan su ile alınan ısı da doğrudan atmosfere atılmaktadır. Bu tip kuleleri de kendi içerisinde ikiye ayırmak mümkündür.

### 2.1.1 Doğal Hava Akışlı Kuleler

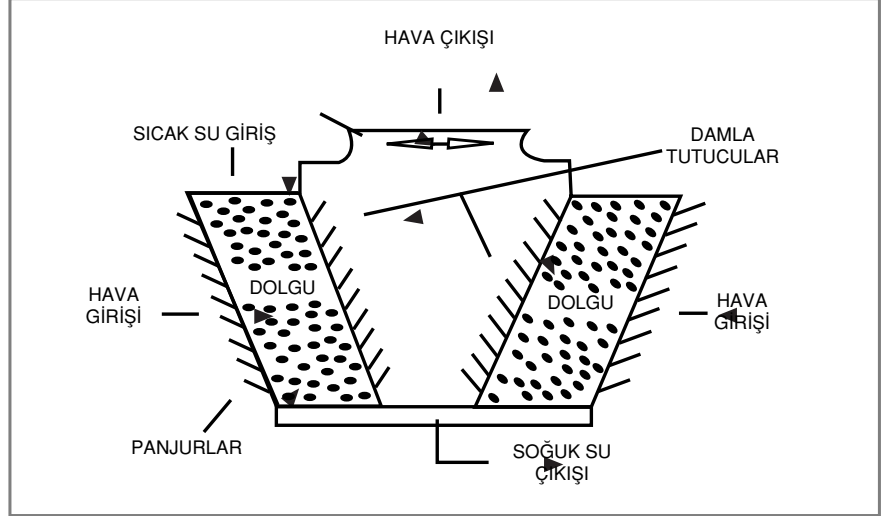
Bu tip soğutma kuleleri havanın dolaşımının sağlanması için cebri bir ekipman kullanılmayan ve tamamen doğal olarak hava sirkülasyonu ile çalışan kulelerdir. Bu kuleler havanın yoğunluğunun değişimi prensibi ile çalışan, ayrıca dolgu malzemesi kullanılmayan kulelerdir.

Düşük yatırım arzu edilen, çalışma sıcaklıklarının kritik olmadığı durumlarda kullanılabilen, suyun üstten pulverize edilirken havanın düşük hızlarda dik olarak geçirilmesi prensibi ile çalışan dikey püskürtmeli tipleri olduğu gibi (Şekil-4), ayrıca yüksek basınçta suyun püskürtüldüğü, yüksek hava debisi kullanımlı yatay püskürtmeli soğutma kuleleri de vardır. Bu tiplerde dikey püskürtmeli sistemlere göre hava ile suyun birbirine karışımı daha da iyi sonuçlar verebilmektedir (Şekil-3). Doğal akışlı kuleler denildiğinde, ayrıca suyu soğutan havanın yoğunluk farkı ile tabii olarak yükseldiği, genellikle çelik ile güçlendirilmiş beton gövdeli baca tipi hiperbolik su soğutma kulelerini de unutmamak gerekir. Bu tür kuleler daha çok büyük kapasiteli sistemlerin kullandığı güç santralleri, demir çelik endüstrisi veya büyük sanayi tesislerinde enerji tüketimlerinin çok düşük olmasından nedeni ile tercih edilmektedirler. Bu tür kuleler ters akışlı, çapraz akışlı veya paralel akışlı olarak da dizayn edilebilmektedirler (Şekil-5).

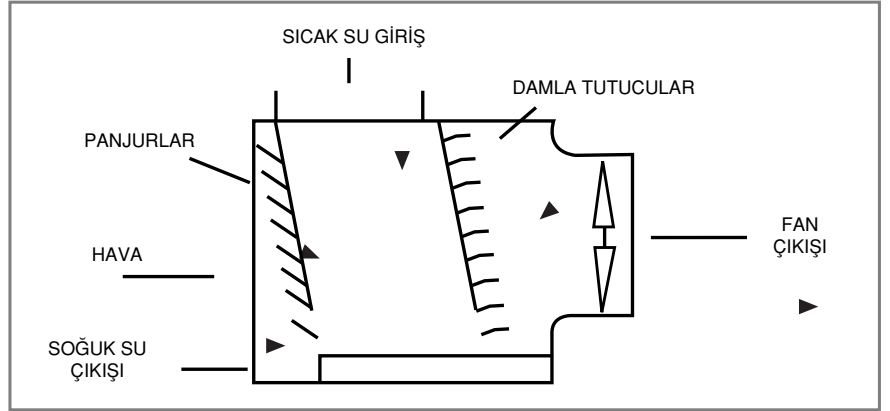
### 2.1.2 Cebri Hava Akışlı Kuleler

Bu tip soğutma kulelerinde hava bir fan yardımı ile soğutma kulesi içerisinde hareket ederek atmosfere çıkmaktadır. Bu tip kuleleri sektörde gerek konfor ikliması, gerek ise endüstriyel uygulamalarda en fazla kullanılan su soğutma kuleleridir. Kullanılan fanın yapısına göre cebri hava akışlı su soğutma kuleleri,

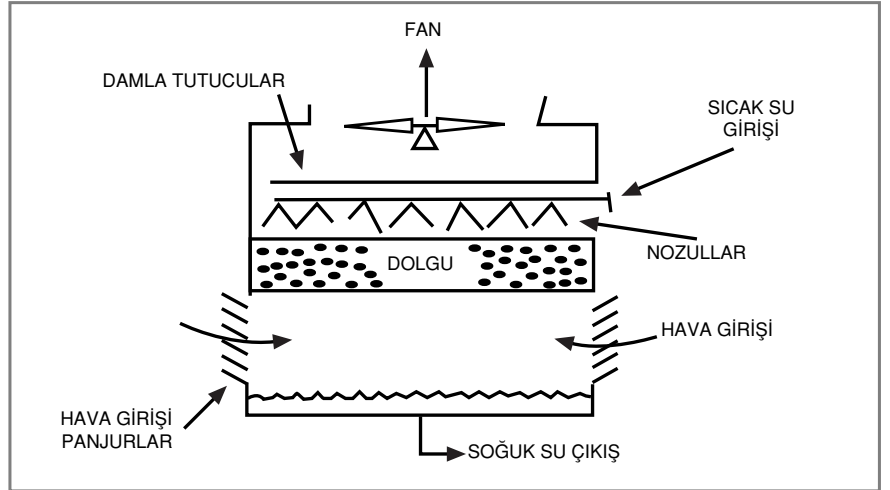
- Radyal fanlı cebri hava akışlı su soğutma kuleleri,
- Aksiyal fanlı cebri hava akışlı su soğutma kuleleri,



Şekil 6a. Fan üstte - çift hava girişli çapraz akışlı.



Şekil 6b. Fan üstte çapraz akışlı.



Şekil 6c. Fan üstte ters akışlı.

Olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Fanların radyal veya aksiyal olarak tercihine, yatırımının veya tasarımcının ses düzeyi, cihaz dışı statik basınç, enerji tüketimi, seçilen soğutma yüküne üreticilerin cevap verip veremeyeceği gibi kriterlere göre karar verilir. Hava girişi yönleri kulenin kapasitesine, yapısına ve üreticiden üreticiye göre farklılık göstermek ile beraber bir veya birden çok yönlerde olabilir. Cebri hava akışlı su soğutma kuleleri ayrıca fan'ın kule üzerinde yerleştiği konumuna göre de,

- Fan kulenin hava emiş tarafında,
- Fan kulenin hava atış tarafında,

Olmak üzere bir sınıflandırma yapmak mümkündür (Şekil-6 ve Şekil-7).

## 2.2 Dolaylı Temaslı (Kapalı) Tip Su Soğutma Kuleleri

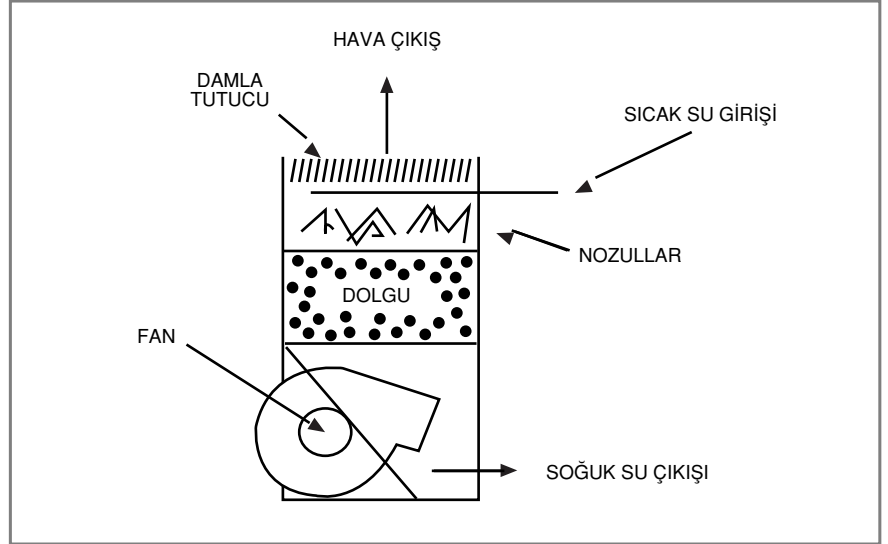
Bu tip su soğutma kuleleri, soğutulması düşünülen kondanser suyu ya da proses suyunun su soğutma kulesi içerisindeki genellikle boru demeti şeklinde dizayn edilmiş serpantinler içerisinde kapalı devre olarak dolaştırıldığı kulelerdir. Su soğutma kulesi içerisindeki bu serpantinler çelik borulu veya alüminyum olarak tasarlanabilirler. Aslında prosesin ihtiyacı olan su kapalı devre olarak dolaşırken ayrıca atmosfere açık olarak boru demeti (serpantin) üzerine hava ile soğutulmakta olan kule suyu dökülmektedir. Bu vesile ile kapalı devre dolaşmakta olan proses suyu soğutulmaktadır. Kule suyu bir pompa marifeti ile kule havuzundan emilerek kulenin üst kısmından boru demeti üzerine dökülmektedir (Şekil-8).

Bu tip kuleler ters akışlı veya çapraz akışlı olarak, soğutma fanları emişte de basma tarafında da dizayn edilebilmektedirler. Bu tip kulelerin en büyük avantajlarından biri proses tarafındaki suyun özellikle plakalı eşanjör uygulamalarında vb. atmosfere açık olmaması nedeni ile temiz kalabilmesi, gerektiğinde özellikle tüm sezonlarda kesintisiz soğutma gerektiren hallerde gerektiğinde soğutucu akışkan ve kompresör aracılığı ile soğutma sistemlerinin devreden çıkarılarak tamamen veya kısmen bedelsiz soğutma (sadece kule ile) yapılmasına imkan tanınması gibi avantajlar sayılabilir. Dezavantajlarından biri ise ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliğidir. Kapalı tip kuleler arasında diğer özellikleri tamamen aynı olmak üzere, kapalı devre serpantinlerinin üzerinden cebri havanın geçmediği ve kule soğutma suyunun üzerine döküldüğü dolgu malzemesi mevcut olan modelleri de mevcuttur (Şekil-9). Bu tip kulelerde hava dolgu malzemesinden geçerek atmosfere atılır iken bir pompa marifeti ile kule havuzundan emilen kule soğutma suyu tekrar dolgu malzemesi üzerine dökülmektedir.

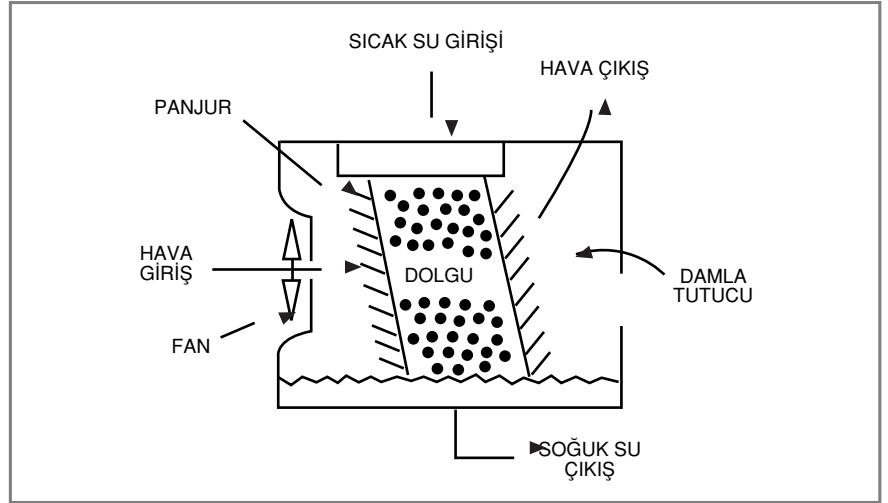
Bu tip kuleler diğer bir çok kule modeli gibi sahada monte edilebilirler ve daha çok endüstriyel proses soğutması ihtiyacı olan uygulamalarda kullanılırlar.

## 3. Kuru Soğutucular

Aslında bu tip soğutucuları yapıları itibarı ile su soğutma kuleleri olarak adlandırmak pek doğru olmayacaktır. Bunun ile beraber



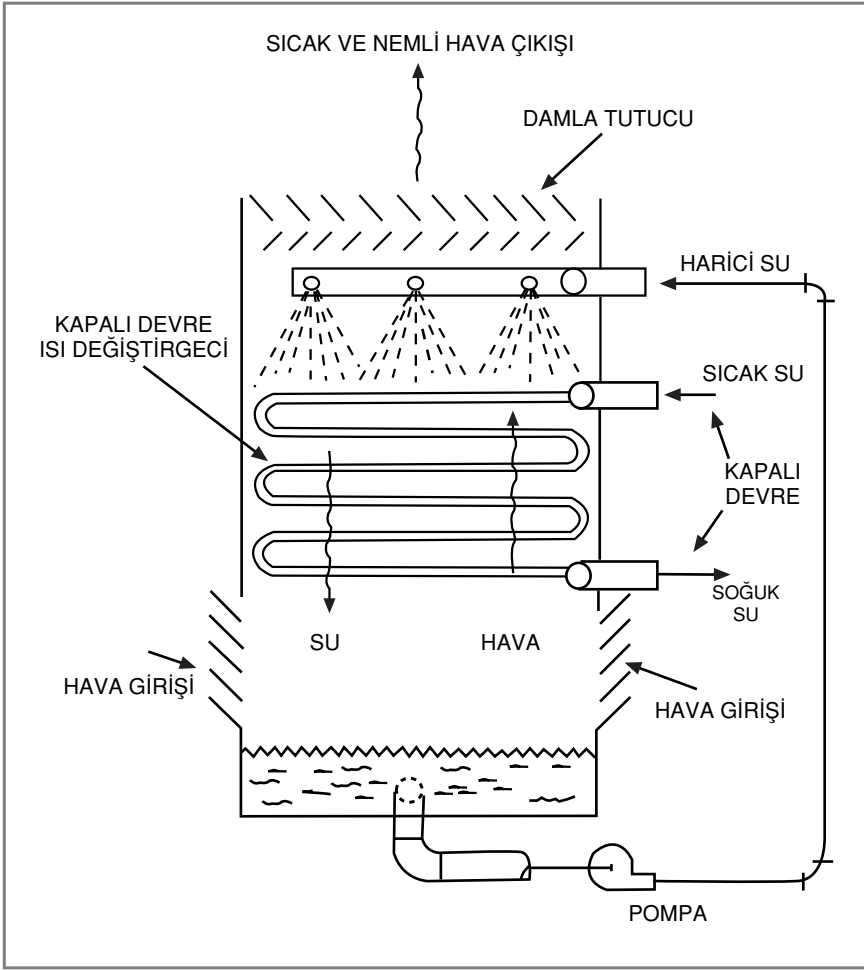
Şekil 7a. Fan kulenin emiştirafında ters akışlı.



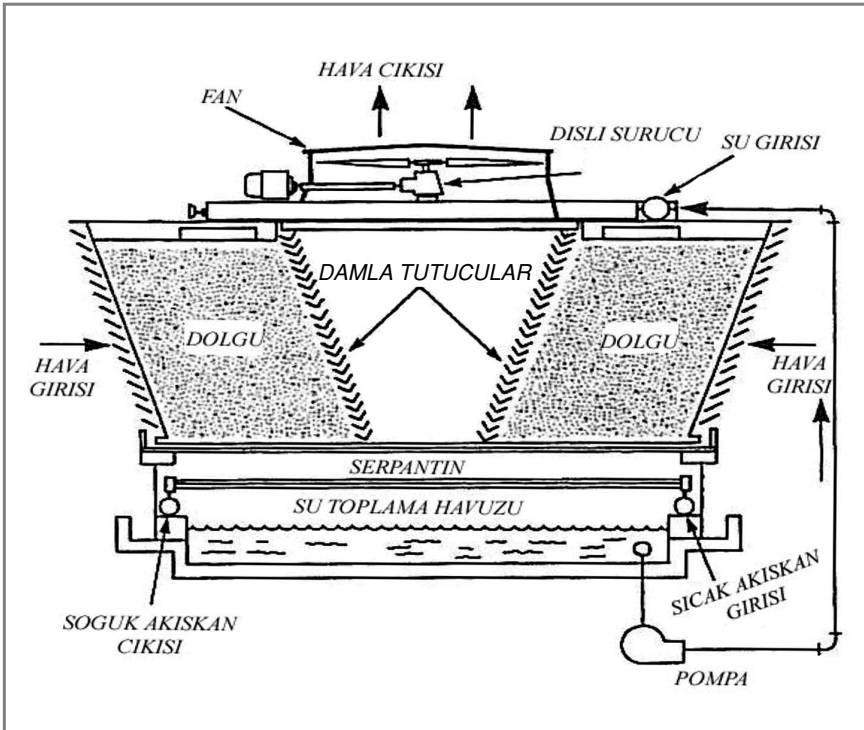
Şekil 7b. Fan kulenin emiştirafına çapraz akışlı.

elde edilen veya edilmek istenen sonuç suyu soğutmak olduğu ve kuru soğutucular da bu amaç doğrultusunda tasarlanmış cihazlar oldukları için ve su soğutma kulelerinin muadilleri olmaları nedeni ile, kısaca bu tip soğutuculara da değinmekte yarar vardır. Kuru soğutucular kapalı devre çalışmakta olan proses suyunun kuru soğutucu üzerinde yerleştirilmiş serpantinler içerisinde dolaştırılır iken serpantinler üzerinden fanlar yardımı ile belirli hızlarda ve yüksek debilerde havanın geçirilmesi sayesinde suyun soğutulması işleminden ibarettir (Şekil-10). Kapalı tip su soğutma kulelerinde olduğu gibi proses suyunun kapalı devre çalışması nedeni ile proses içerisindeki suyun temiz oluşu bu tip soğutucular için de geçerlidir. Hatta gerek açık, gerek ise kapalı tip su soğutma kulelerinde var olan su kayıplarının olmayışı bu tip su soğutucuları için bir diğer avantaj olarak da ifade edilebilir. Kış şartlarında donma risklerinin de var olmasına rağmen, su soğutma kulelerine oranla daha düşük olması başka bir avantajdır.

Temel dezavantajlarından birisi boyutlarının büyük çıkması ve daha büyük montaj alanlarına ihtiyaç duymalarıdır. Aslında en büyük dezavantajlardan birisi bu sistemde su soğutulur iken cihazın performansı ve boyutsal dizaynı üzerinde hava girişi ya da termometre sıcaklığı değil, kuru termometre sıcaklığının etken olmasıdır. Bu durum bu tür soğutucuların ancak belirli sezonlarda ve sınırlı iklim şartlarında verimli olabilmelerine ve dolayısı ile sınırlı kullanım imkanı sağlamasına neden olmaktadır. Bu nedendir ki cihaz boyutları bazen olağan üstü büyüyebilmektedir. Bu tür soğutma cihazı üreticileri bu handikaptan yola çıkarak tedbir almak ve sistem verimlerini artırmak, ayrıca daha zor iklim şartlarında ve farklı zamanlarda bu cihazlarının kullanılabilmesini sağlamak üzere kapalı devre çalışan



fiakil 8. Dolaylı temaslı veya kapalı devre evaporatif kuleler.



fiakil 9. Cebri havadan ayrık serpantinli kapalı devre soğutma kulesi.

serpantinler üzerine demineralize edilmiş suyu yüksek basınçta pulvarize ederek püskürten atomizer nozullar kullanmakta ve sistem verimini bu şekilde artırarak soğutucu boyutlarında küçülme sağlamaktadırlar (Şekil-11).

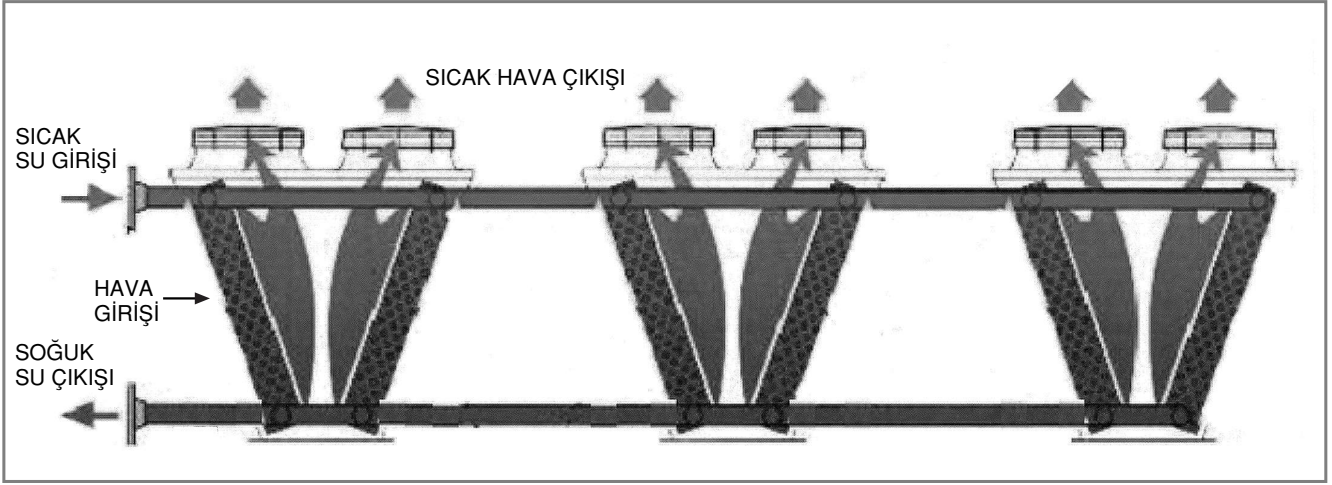
Sistem bu şekli ile kapalı tip su soğutma kulelerini andırmaktadır. Ancak serpantin yüzeylerinin geniş olması nedeni ile bu cihazların yılın bir çok bölümünde kuru soğutucu olarak çalışmaya devam ederler ancak dış hava kuru termometre sıcaklıklarının yüksek olduğu dönemlerde sulu spreyleme devreye girer ve kapasite problemlerinin yaşanmasına engel olur. Buna rağmen bu sistem bölgesel şartlar, prosesin ve yatırımcının beklentileri göz önüne alınarak dikkat ile değerlendirilmelidir.

#### 4. Su Soğutma Kulelerinde Su Kayıpları

İyi bir tasarım ve doğru seçilmiş kaliteli ürün ile birlikte bile olsa su soğutma kulelerinde su kayıpları kaçınılmazdır. Bunun ile birlikte gerek tasarımda gerek ise seçilen üründe titizlik gösterilmesi halinde su soğutma kuleleri için temel handikaplardan biri olan su kayıplarını minimize etmek ve verimi artırmak mümkündür. Su soğutma kulelerinde su kayıpları aşağıdaki şekillerde oluşmaktadır.

##### 4.1. Sürüklenme Yolu ile Su Kayıpları

Su taneciklerinin hava akımına karışarak damla tutucular arasından kayıp hava ile birlikte sürüklenerek kule dışına taşınması veya atılması olarak ifade edilebilen sürüklenmenin olumsuz etkisi doğru dizayn ile azaltılabilmektedir. Aslında sürüklenme kayıpları su miktarı, hava debisi, damla tutucu dizaynı, kısacası kule dizaynı ile doğrudan etkilidir. Doğru dizayn edilmiş bir su soğutma kulesinde sürüklenme kayıpları sirküle eden su miktarının binde ikisi mertebelerine kadar indirgenebilmektedir. Ancak uygulamada su soğutma kulelerindeki sürüklenme kayıpları ne yazık ki bu değer çok daha üzerinde olabilmektedir. Soğutma kulelerinde mineral konsantrasyonunun artmasından dolayı, şartlandırma kimyasalları vs. kulenin yerleştirildiği mekan yakınındaki unsurlara zaman içerisinde sürüklenme yolu ile istenmeyen zararlar verebilirler. Bu nedenle soğutma kulelerinin yerleştirildiği alanların yakınında zarar görebilecek materyaller ve mimari unsurlar olmamalıdır.



Şekil 10. Örnek bir kuru soğutucunun çalışma prensibi.

#### 4.2. Buharlaşma Yolu «le Su Kay»plar»

Aslında su soğutma kulesinden atılmakta olan hava doymuş bir hava olmak durumundadır. Bunun ile beraber çalışma şartlarında çoğu zaman kulenin çevresindeki hava, kuleden atılmakta olan nemli hava ile tamamen karışmaz. Bu durumda doğal olarak kule üzerinde sisli ve nemli bir bölge oluşması ve buharlaşma kaçınılmaz hal alır. Aslında sislenmenin olup olmayacağı tasarım aşamasında tespit edilebilecek bir konudur. Psikrometrik bir analiz yapıldığında diyagram üzerinde su soğutma kulesine havanın girdiği nokta ile kuleden çıkan havanın bulunduğu nokta işaretlenerek iki nokta arasında bir doğru çizilmesi halinde bu doğru ile diyagram üzerindeki %100 bağıl nem eğrisi arasında kalan bölge tamamen sislenme bölgesi olarak zaten görülecektir. Sislenme hiç şüphesiz ki sadece bu arada gerçekleşmeyecek, bu bölgeye yakın noktalarda da oluşacaktır. Ancak en yoğun gerçekleşme bu alanda olacaktır (Şekil 12).

Psikrometrik diyagram açısından şöyle bir genelleme yapmak da mümkündür. Kuleye hava giriş kuru termometre sıcaklıkları yükseldikçe ve eğer yaş termometre sıcaklıkları aynı ise bu durumda kuru termometre sıcaklıklarının daha yüksek olduğu durumlarda buharlaşma kayıpları daha azdır.

Sislenmeyi azaltmak veya engellemek üzere kule çıkışındaki havayı çeşitli yöntemler ile ısıtmak, filtrelemek veya hava atışında kimyasal spreyleme ile çeşitli önlemler alınabilmek ile beraber bu yöntemlerin hepsinin de ilave işletim maliyetleri getirmesi, bu tür

tedbirlerin yaygın olmasına engel oluşturmaktadır. Evaporatif bölüm ile kuru yüzeyli boru demetli serpantinli yapıyı birleşik olarak kullanan ıslak-kuru dizaynı büyük kapasiteli soğutma kulelerinde evaporatif kısımlardan atılacak nemli hava, serpantin bölümündeki sıcak ve nispeten daha kuru hava ile karıştırılarak atıldığı için bu tür kulelerde sislenmenin kontrolü ve buharlaşma kayıpları daha iyidir. Bütün bunların yanı sıra sislenmenin önüne tamamen geçmek bazı durumlarda mümkün değildir. Bu neden ile ki kulenin monte edileceği mekanlar bu açıdan çevreyi rahatsız etmeyecek şekilde dikkat ile seçilmelidir.

#### 4.3. Blöf Kay»plar»

Kulelerde kullanılan su içerisinde bir süre sonra mineral konsantrasyonu artmaya başlar. Ayrıca suda partikül konsantrasyonu da artabilir. Bu durum özellikle iyi bir filtreleme yapılmamış ve tasfiye edilmemiş su kullanan soğutma kuleleri için geçerlidir. Bu durumun önüne geçebilmek için de kullanılan suyun bir bölümünü blöf ile dışarı atmaktır ki bu kayıplar önemli bir miktar teşkil edebilir.

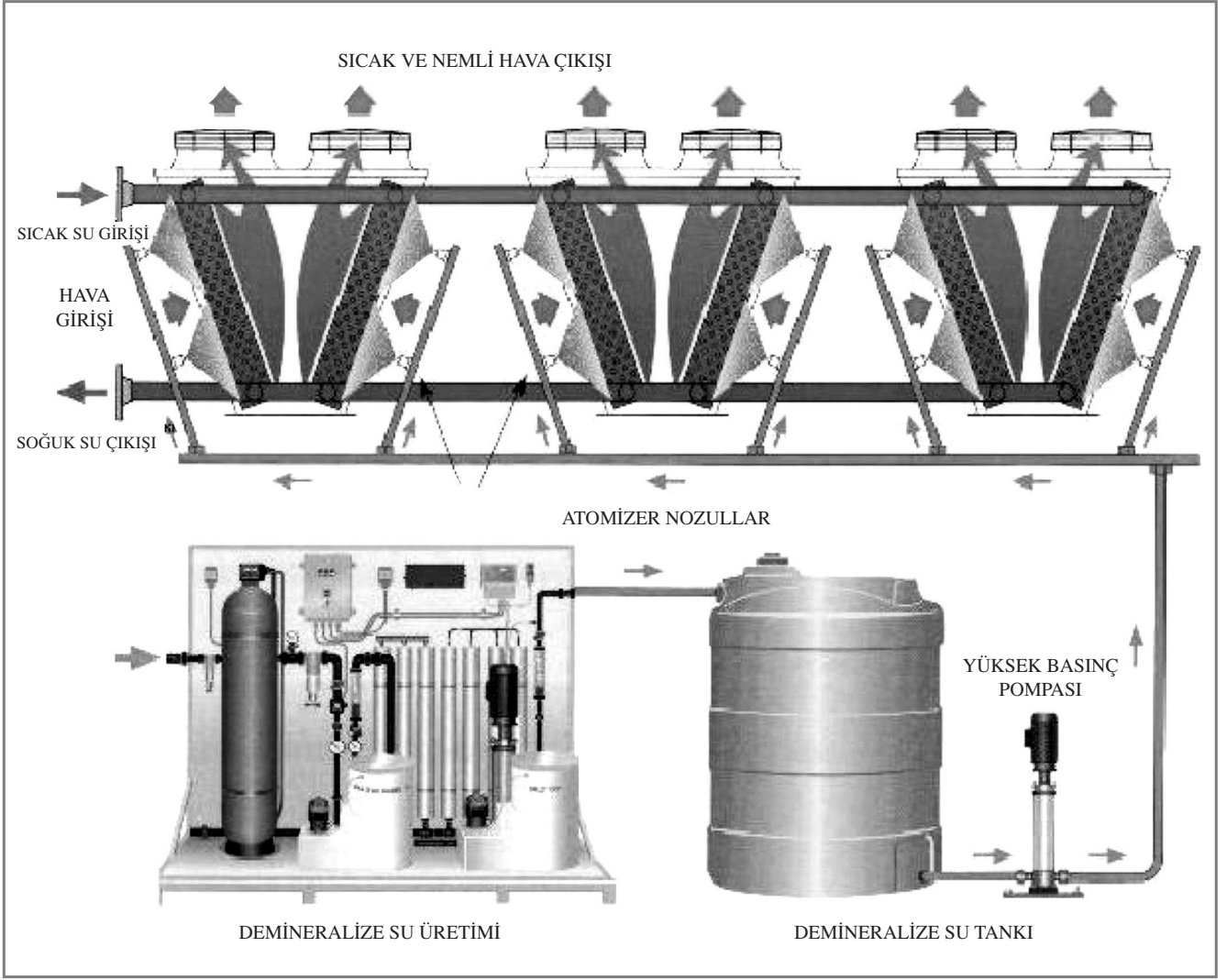
#### 5. Kulelerin Bakım», Su Kalitesi ve Besi Suyu

Su soğutma kulelerinde işletme sırasında karşılaşılan temel problemlerden biri kule içerisindeki kirliliklerdir. Aslında kondanser ile bağlantılı çalışan kulelerde suyun kalitesinin gözle görülebileceği yegane nokta da kule havuzudur. Kule içerisindeki su işletme sırasında yağlı, aşırı köpüklü, kirli olmamalı, kule havuzu içerisinde yosunlanma, balçık vb. şeklinde çökeltiler olmamalıdır. Zira

bu tür çökeltiler fiziki kirliliğin yanı sıra mikrobiyolojik kirliliğe de yol açmaktadırlar. Bu tür kirlilikler insan ve çevre sağlığı açısından tehdit oluşturabildiği gibi ayrıca su soğutma kulesinin sağlıklı ve verimli çalışabilmesi açısından da bir sakınca doğurmaktadır. Öncelikle kule havuzundaki su seviyesi üreticinin öngördüğü seviyede tutulabilmeli, su fiskiyeleri, kule içerisindeki elemanlar, havuz, kule suyu çıkışındaki filtreler belirli periyotlar ile temizlenmelidir. Kulelerin monte edildiği yerlerin olabildiğince toz, duman ve benzeri kirleticilerden uzak bir çevreye sahip olması da bu açıdan işletmenin işini biraz daha kolaylaştıracaktır.

Kule suyu devresinde kum filtresi, sepratörler, su şartlandırma programları öngörülmelidir. Ancak unutulmamalıdır ki tasarımda bu tedbirlerin alınması işletmecinin yapacağı fiziki temizliğin yerini tutabilecektir anlamına gelmemektedir ve tasarım tedbirleri ile işletme tedbirleri kavram olarak birbirlerine karıştırılmamalıdır. Sıkça yaşanan problemlerden biri de su dağıtım bölümünde yer alan fiskiye veya nozulların belirli periyotlar ile temizliğinin yapılmaması neticesinde sistemin sağlıklı çalışmamasıdır. Hatta birden çok kulenin ortak çalıştığı sistemlerde özellikle kuleler arasında su seviyesi denge bağlantısı yapılmayan durumlarda fiskiyelerdeki tıkanmalar ciddi işletme problemlerine yol açabilmektedir. Kulelerde belirli aralıklar ile blöf yoluyla suyu atmak sistemdeki su kalitesini artıran bir yöntem olmak ile beraber biyolojik kirliliğin (Legionella pneumophila vb.) önüne geçmek mümkün olmayacaktır. Bunun için de sağlıklı bir su şartlandırma sistemine





Şekil 11. Örnek bir kuru soğutucunun spreyleme yöntemi ile çalışması.

ihtiyaç vardır. Kule su devresinde sudaki yabancı partikülleri ayrıştıran ve tutan filtre ve seperatörler kullanılmalıdır. Ayrıca kimyasal veya elektromanyetik su şartlandırma sistemleri de kullanılmalıdır.

Kimyasal şartlandırma sistemleri ilk yatırım maliyetleri daha ucuz olmasına karşın işletme maliyetleri daha pahalıdır.

## 6. Su Soğutma Kulelerinde Kış Çalışması

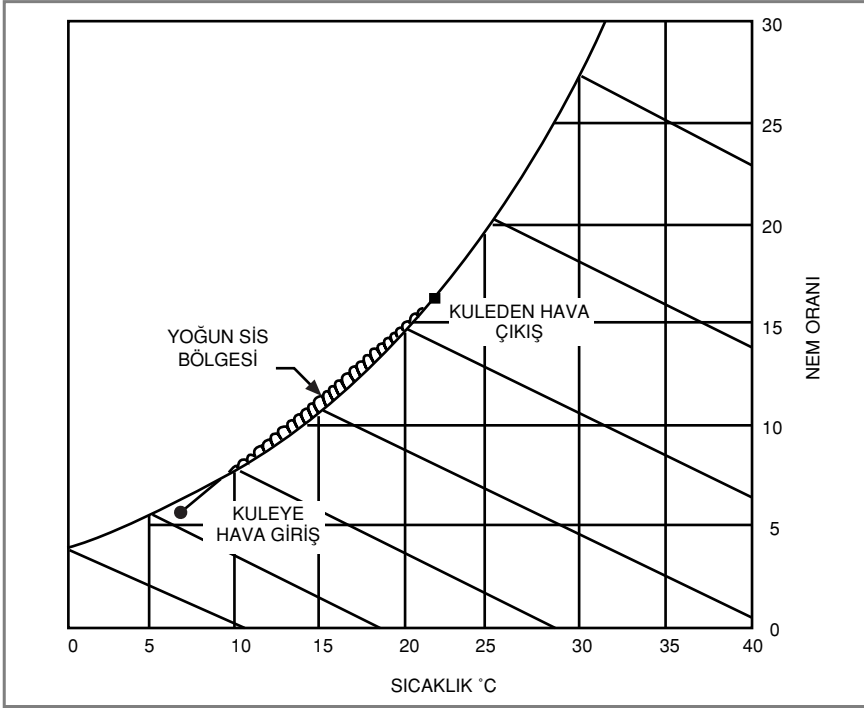
Özellikle endüstriyel proses soğutması amaçlı dizayn edilmiş veya kış sezonlarında da soğutma ihtiyacı olan bazı konfor iklimi uygulamalarında su soğutma kuleleri kış sezonlarında da çalışması gereken cihazlardır. Bu tür iklim koşullarında özellikle donma sıcaklıklarında gerek hava emiş ve atış bölümlerinde ve gerekse kule havuzunda ve tesisatta donmanın önüne geçilmesi gerek-

mektedir. Fanların olduğu bölgelerdeki donma koruması açısından kule tiplerine ve otomatik kontrol şekline göre değişmek ile birlikte bazı üretici firmalar çeşitli tedbirler almaktadırlar. (Aksiyal fanlı bir kulede fanların don halinde ters dönmesi veya devrini düşürmesi gibi). Kapalı devre çalışan kulelerde prosesteki suyun ise antifriz katkılı olması, soğutma kapasitesine olumsuz etkisine rağmen en fazla tercih edilen yöntemlerden biridir. Bunun ile beraber su soğutma kulelerinde donma açısından en riskli bölgeler gerek açık tip, gerek ise kapalı tip olsun, genellikle kule havuzunun olduğu bölgelerdir. Üreticiler ve tasarımcının tercihlerine göre değişmek ile beraber havuzda elektrikli, sıcak sulu veya buharlı daldırma tip ısıtıcılar kullanılabilir. Bu ısıtıcılar otomatik olarak donma sıcaklıklarında devreye girmektedirler. Ülkemizde pek fazla uygulama alanı bulmasa da bir diğer yöntem ise ısıtılan mekanda yer-

leştirilmiş yardımcı bir havuzun oluşturulmasıdır. Kulenin dışında açıkta kalan tüm tesisatın çok iyi izole edilmesi veya özel durumlarda sarmal elektrikli ısıtıcılar ile donmaya karşı korunması gerekebilir.

## 7. Otomatik Kontrol

Bir çok proseste olduğu gibi su soğutma kulelerinin işletimi sırasında devrede olacak ya da olması gereken otomatik kontrol sistemi, hem istenen sıcaklık vb. işletme şartlarının istenen hassasiyet ile yerine getirilmesinden, hemde bu görevlerin en ekonomik enerji tüketimleri ile gerçekleştirilmesinden sorumludur. Su soğutma kulelerinin otomatik kontrolünde aslında iki ana yöntemden bahsedilebilir. Bunlardan biri kuleden geçmekte olan havanın kontrolü, diğeri ise kulede doluşmakta olan, başka bir deyiş ile soğutulmakta olan suyun kontrolüdür. Bazen her iki yöntem bir arada kullanılabilir. Özellikle

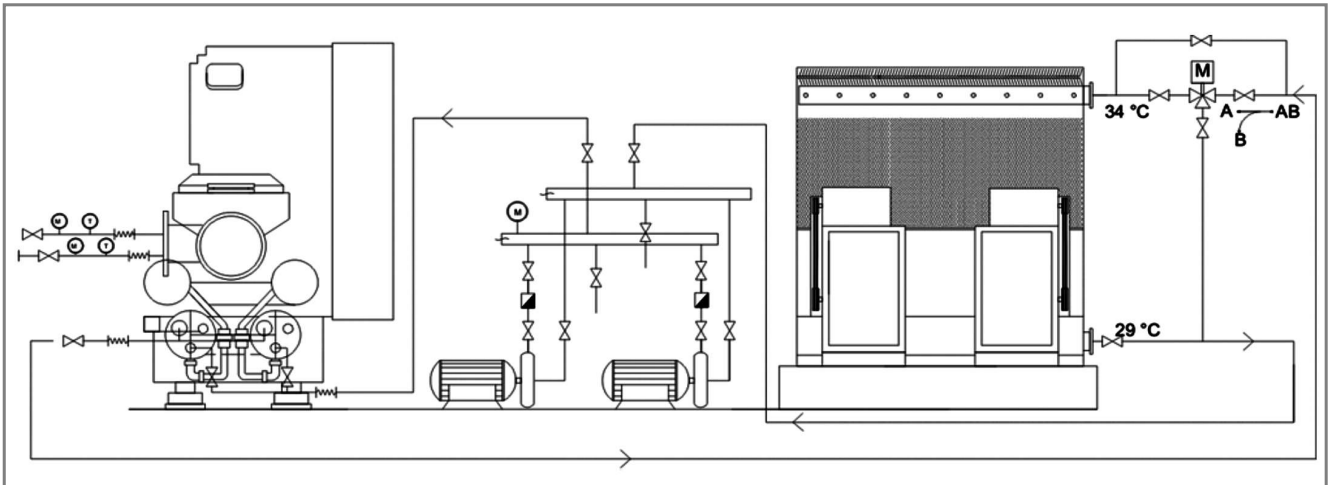


fiakil 12. Psikrometrik diyagram kullanarak sislenmenin tahmini.

birden çok sayıda kulenin aynı kolektöre bağlı olduğu uygulamalarda kule fanlarını sıralı olarak set edilen sıcaklıklara göre devreye sokmak veya çıkarmak sıkça uygulanan ve on-off mantığı ile otomatik kontrol yapan bir yöntem olmak ile beraber, bu uygulama ancak donma riski olmayan ve kule çıkış suyu sıcaklıklarında çok fazla hassasiyet aranmayan uygulamalarda yer bulabilmektedir. Ayrıca bu tarz bir otomatik kontrol yaklaşımında sık sık elektrik motorlarında yanma riski söz konusudur. Bu şekilde bir fan kontrolü yapmaktansa çift hızlı motorlu fan uygulaması, hatta biraz daha iyi bir otomatik kontrol uygulaması olarak frekans invertörlü fanlı kuleler sonuçları itibarı ile gerek otomatik kontrol kalitesi ve gerekse enerji ekonomisi açısından daha iyi uygulamalardır. Soğutulacak su tarafında ise çok hızlı pompalar ile veya değişken debili pompalar ile su debisini değiştirerek kontrol sağlanması veya kule su girişi ve çıkışı tarafında üç yollu veya iki yollu motorlu vanalar ile kule hatındaki suyun yönünün değiştirilmesi yöntemleri uygulanabilmektedir. Özellikle değişken su debili otomatik kontrollü sistemlerin tasarımında su debisindeki düşüşün donma riski oluşturmaması gereği gözden kaçırılmamalıdır.

## 8. Kaynaklar

- [1] ASHRAE Systems And Equipment Handbook.
- [2] ÜNTES Eğitim Notları.



fiakil 13. Tipik kule-kondenser devresi üç yollu vana ile otomatik kontrol prensip şeması.

## Yazarlar;

### Fevzi Özel,

1967 yılında doğdu, 1988 yılında Erciyes Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirdi. TEBA ve ERENSAN firmalarında çalıştıktan sonra 1994 yılında ÜNTES İşletme, Klima, Soğutma San. ve Tic. A.Ş. bünyesine dahil oldu. Halen ÜNTES A.Ş.'de Genel Müdür Yardımcısı olarak görev yapmakta olup, MMO, TTMD ve ASHRAE üyesidir.

### Faruk Çimen,

1993 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümü'nden mezun oldu. Şifaya Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Hizmet Binaları inşaatında mekanik tesisat saha mühendisi olarak 1993 yılında başladı. Askerlik görevine mütakip fiantes Ltd. Şti'nde proje, üretim ve taahhüt konularında çalıştı. 1998 yılında proje grup müdürü olarak ARAL Mühendislik Ltd. Şti'nde kısa bir süre görev yaptıktan sonra, 1999 yılında başında ÜNTES İşletme Klima Soğutma San. ve Tic. A.Ş.'nde Teknik Müdür olarak göreve başladı. Halen ÜNTES A.Ş.'nde görevine devam etmektedir.

# TTMD Dergisi Uygulama Eki İndeksi

TTMD Dergisi Uygulama Eki'nde bugüne kadar yayınlanan makalelerin listesi aşağıda sunulmuştur.

EK NO.	DERGİ NO.	YAYIM TARİHİ	MAKALENİN ADI	YAZARLAR
1.	24. Sayı	Mart-Nisan 2003	Hava Kanalları	Faruk Çimen
2.	25. Sayı	Mayıs-Haziran 2003	Psikometri	E. Aybars Özer
3.	26. Sayı	Temmuz-Ağustos 2003	Vanalar	Serdar Gürel
4.	27. Sayı	Eylül-Ekim 2003	Buhar ve Buhar Tesisatı	Cafer Ünlü
5.	28. Sayı	Kasım-Aralık 2003	Doğal Gaz İç Tesisat Uygulama Kuralları	Aytekin Çakır
6.	29. Sayı	Ocak-Şubat 2004	Enerji Ekonomisi-Sihhi Tesisat	Rüknettin Küçükçalı
7.	30. Sayı	Mart-Nisan 2004	Kapalı Genleşme Tankları	Abdullah Bilgin, İbrahim Çakmanus
8.	31. Sayı	Mayıs-Haziran 2004	Endüstri Kazan Dairelerinde Enerjinin Etkin Kullanılması İçin; Yakıttan Baca Gazına Kadar Dikkate Alınması Gereken Hususlar	Metin Bilgiç
9.	32. Sayı	Temmuz-Ağustos 2004	Yerden Isıtma Sistemleri	Gültekin Şahin Doğan Varol
10.	33. Sayı	Eylül-Ekim 2004	Mekanik Tesisat Sistemlerinde Kullanılan Borular	İbrahim Çakmanus, Halim İman
11.	34. Sayı	Kasım-Aralık 2004	Merdiven Yuvası Basınçlandırma Sistemleri	Esra Kırkaç
12.	35. Sayı	Ocak-Şubat 2005	Su Arıtma ve Şartlandırma Teknikleri	Tuba Küçük
13.	36. Sayı	Mart-Nisan 2005	Endüstriyel Kurutma Sistemleri	İbrahim Çakmanus
14.	37. Sayı	Mayıs-Haziran 2005	Yüzme Havuzlarının Mekanik Tesisatı İçin Proje Hazırlama Esasları	Sami Bölükbaşıoğlu Selim Bölükbaşıoğlu
15.	38. Sayı	Temmuz-Ağustos 2005	Merkezi ve Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Basınç, Sıcaklık ve Akış Kontrolü	Abdullah Bilgin Dr. İbrahim Çakmanus
16.	39. Sayı	Eylül-Ekim 2005	Bacaların Boyutlandırılması ve Baca Hesapları	Aytekin Çakır
17.	40. Sayı	Kasım-Aralık 2005	Santrifuj Pompalar	Bora Türkmen