

SOĞUK SULU İKLİMLENDİRME VE PROSES SOĞUTMA UYGULAMALARINDA ENERJİ TASARRUFLU SERBEST (DOĞAL) SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Hasan ACÜL

ÖZET

Enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekelerinde, ulaşımda, iklimlendirme tesislerinde enerji verimliliğinin artırılması günümüzde en önemli başlık haline gelmeye başlamış, doğal kaynakların bu amaçla daha geniş kullanımı için sistemler geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir.

Serbest Soğutma (Doğal Soğutma) ya da literatürdeki genel adlandırma ile “free cooling” sistemleri yaygın olarak kullanılan enerji verimliliği uygulamalarındandır. (Yazının devamında tanımlama olarak “Serbest Soğutma” terimi kullanılacaktır.) Serbest Soğutma sistemleri Sulu ve Havalı Sistemlerde yapılan uygulamalar olmak üzere iki temel kategoridedir.

Kazandırdığı verim artışı ile soğutma suyu ihtiyacı olan sistemlerde işletme maliyetlerini düşüren Serbest Soğutma sistemi ve özellikle kuzey ülkeleri ağırlıklı olarak Avrupa’da yaygın biçimde kullanılan, A.B.D dahil diğer ülkelerde giderek yaygınlaşan Chilled Beam (Soğuk Tavan) sistemi enerji verimliliği amaçlı etkili sistemlerdir. Makalede, bu iki sistem hakkında bilgi aktarılarak iklimlendirme tesisatlarında enerji verimliliğinin önemine vurgu yapılmaktadır.

1. GİRİŞ

Temelde Sulu Soğutma Uygulamaları için Serbest Soğutma olarak kategorize edilen Serbest Soğutma teknikleri merkezi bir soğutma grubundan sağlanan soğuk su üretiminin maliyetini azaltmaya yönelik uygulamaları kapsamaktadır. Soğutma suyu ihtiyacı olan sistemlerde uygulanan Serbest Soğutma, ortamın düşük hava sıcaklığından faydalanarak soğuk su üretici grubun (chiller) kompresörünün çalışması olmaksızın ya da kısmen çalıştırılarak soğutma suyu elde edilmesidir.

Sulu Soğutma Uygulamaları için Serbest Soğutma uygulamaları kendi içinde iki ana kategoriye ayrılmaktadır:

1. **Evaporatif Soğutma Uygulamaları**
 - 1.1 **Açık Devre Soğutma Kulesi Uygulamaları**
 - 1.2 **Kapalı Devre Soğutma Kulesi Uygulamaları**
2. **Isı Değiştirgeçli Soğutma Uygulamaları**
 - 2.1 Entegre Serbest Soğutma Bataryası Uygulamaları
 - 2.2 Kuru ve Islak/Kuru Soğutucu Uygulamaları

Her bir sistem kendi avantaj ve dezavantajlarına sahip olmakla birlikte uygulanacak sistem seçimini etkileyen en önemli unsurlardan biri soğutma sisteminin hangi amaç doğrultusunda kullanıldığı yada kullanılacak olduğudur. Bu durum sistem tasarımını doğrudan etkilemektedir.

Diğer önemli etken ise, sistemin kurulacağı bölgenin iklim koşullarıdır. Soğutma sistemi proje aşamasında iken Serbest Soğutma uygulanmasının avantajlı olup olmadığının değerlendirilmesi için yıl boyunca soğutma ihtiyacı olan mevsimlerde sıcaklık aralıklarının belirli zaman periyotlarında tekrar sıklıklarının (BIN Sayısı) bilinmesi çok önemlidir. Sistem maliyet ve işletme analizleri yapılırken ihtiyaç duyulan soğutma suyu dereceleri ile ortam sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması elde edilecek kazancın baştan bilinmesi ve sağlıklı bir yatırım kararı alınabilmesi açısından çok önemlidir.

Aşağıda belirtilen noktalar da sistem seçiminde göz önüne alınması gereken diğer önemli etkenlerdir:

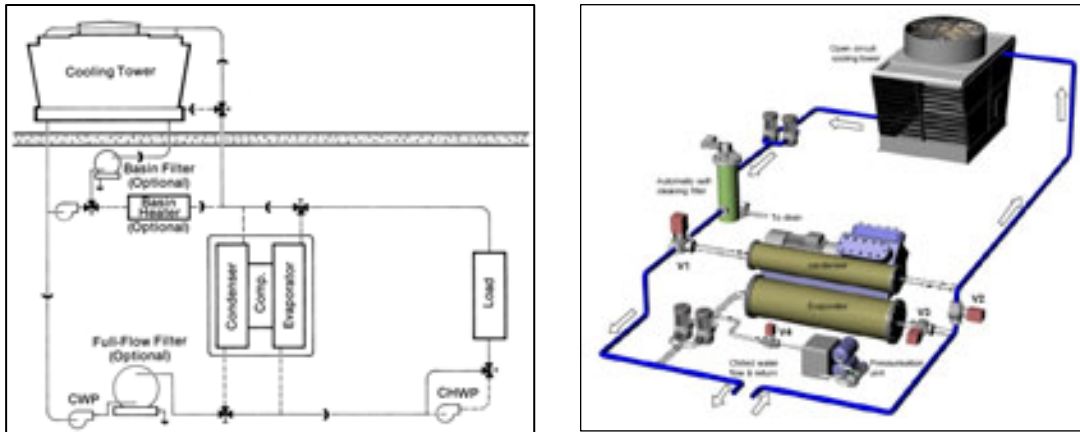
- Sistemin Soğutma Kapasitesi
- Soğutma Grubunun Çalışma aralıkları ve operasyon zamanı
- Serbest Soğutma maliyeti ve uygulama ile geri ödeme süresi
- Sistemde Kullanılan diğer yardımcı ekipmanların sisteme etkisi
- Sistemin kurulacağı bölgenin elektrik, su vb. maliyetleri

2. SULU SOĞUTMA UYGULAMALARI İÇİN SERBEST SOĞUTMA SİSTEMLERİ

2.1 Evaporatif Soğutma Uygulamaları

2.1.1 Açık Devre Soğutma Kulesi Uygulamaları

Soğutma kulesi kullanılan sistemlerde soğutma grubunun kondenseri su soğutmalıdır. Kondenser boru-kovan tipindedir. Boruların dışından geçen soğutucu akışkan buharı boruların içinden geçen kondenser suyu tarafından soğutulurak yoğuşturulur. Bu aşamada sıcaklığı yükselen kondenser suyunun soğutulması kule tarafından sağlanır. Soğutma grubunun yüksek dış ortam sıcaklıklarında çalışması esnasında kondenser suyunun soğutulması bu biçimde sağlanır. Ancak ortam havası sıcaklık değerlerinin soğutma sisteminde kullanılan soğuk su sıcaklık değerinin altına düşmesi ile birlikte soğutma grubunun çalışmasına ihtiyaç kalmaz. Bu durumda **Direkt Sistemlerde**, soğutma grubu bypass edilerek kondenser suyu sistemin ihtiyaç duyduğu soğutma suyu olarak kuleden doğrudan yük alma işlemi için sisteme gönderilir. Açık devre olarak çalışan kulelerde bu sistemin temel avantajı şöyle özetlenebilir, ihtiyaç duyulan soğuk su sıcaklığı ortam yaş termometre sıcaklığına en üst düzeyde yaklaştırılabilir. Bu durumda Serbest Soğutmadan sağlanan fayda da en üst düzeyde olacaktır. Ancak, sistemdeki ciddi dezavantaj göreceli olarak kirli kondenser suyunun temiz soğuk su sisteminde kirlenmeye yol açmasıdır. Kirlenme filtrasyon vb. yöntemler ile çözülmeye çalışılsa dahi yine de bu sistem son dönemde uygulamacılar tarafından kaçınılan bir yapıdadır. Kapalı devre-**indirekt** sistemler olarak çalışan soğutma kulesi uygulamaları ya da aynı ihtiyacı karşılayacak kuru soğutucu uygulamaları bu durumu ortadan kaldırmaktadır.



Şekil 1.a – 1.b Direkt Sistem-Açık devre su soğutma kuleli sistemler prensip şemaları [1],[2]

2.1.2 Kapalı Devre Soğutma Kulesi Uygulamaları

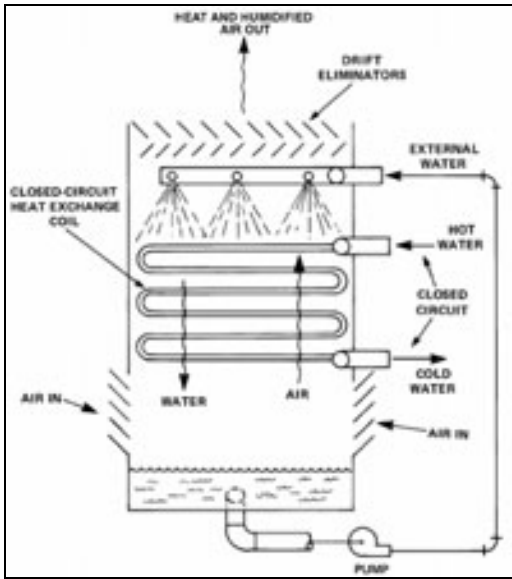
Kapalı Devre Sistemlerde kondenser suyu devresi ile soğuk su devresi birbirinden ayrıdır. Açık devre sistemlerde ortaya çıkan kirlenme riski **indirekt**-kapalı devreli uygulamalarda ortadan kalkmaktadır. Ancak, ek bir ısı transfer yüzeyinin sisteme eklenmesi nedeni ile açık devre su kulelerine göre daha yüksek bir su sıcaklığı elde edilir. Bu durum Serbest Soğutma veriminde bir miktar düşmeye neden olur.

Kapalı Devre sistemler üç ana biçimde uygulanabilir:

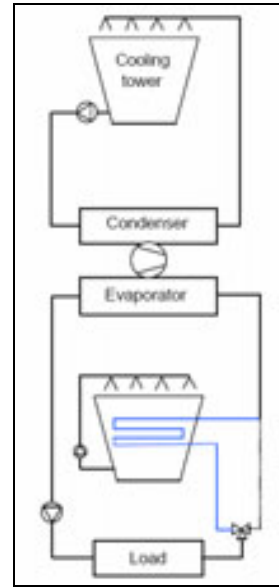
1. Kapalı devre soğutma kulesi kullanılan sistemler:

Kapalı Devre Soğutma kulesi kullanımı Serbest Soğutmada yaygın bir yöntemdir. Daha önce de belirtildiği gibi açık devre sistemlerde görülen kirlenme vb. risklerini ortadan kaldırmaktadır. Soğutma grubunun normal çalışma periyodu olan Yaz döneminde kuleden gelen kondenser suyu kapalı bir devre içerisinde kondenserden sirküle eder. Tamamen Serbest Soğutma yapılan Kış aylarında ise kuleden gelen su kapalı devre içerisinde soğuk su devresinde sirküle eder.

Şekil 2.b'de Yük paylaşımli Kapalı Devre Soğutma kuleleri Serbest Soğutma uygulaması görülmektedir. Bu sistem ile dönüş soğutma suyu evaporatöre girmeden önce bir ön soğutma işleminden geçer. Bu uygulama ile soğutma grubu üzerine gelen soğutma yükü azalmaktadır. Bu sistem ara sezonlarda sistem verimliliğini artırıcı uygulamadır.



Şekil 2.a Indirekt - Kapalı Devre Soğutma kulesi Serbest Soğutma uygulaması [1]

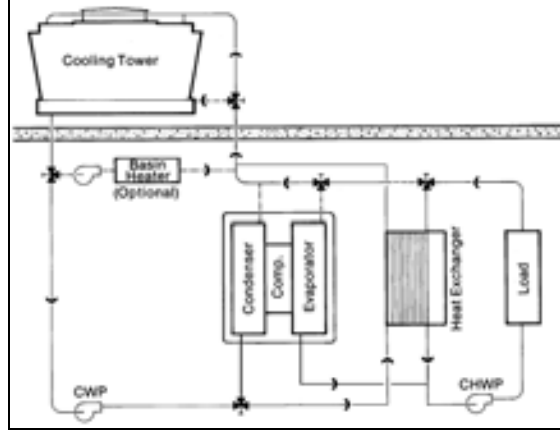


Şekil 2.b Yük paylaşımli Kapalı Devre Soğutma kuleleri Serbest Soğutma uygulaması [2]

Su soğutma kulelerinde dizayna bağlı olarak su yaş termometre sıcaklığının 3-6°C kadar üzerinde bir sıcaklığa kadar soğutulabilir. Kapalı devre soğutma kulelerinde açık devre su kulelerine göre 2-3°C kadar daha yüksek bir su sıcaklığı elde edilebilir. Kule boyutları büyütülerek ideal koşullarda yaş termometre sıcaklığına çok yaklaşılabilir; ancak bu durumda yatırım maliyeti önemli oranda artacaktır. Su soğutma kuleleri, ilk yatırım maliyeti açısından avantajlı olmakla birlikte, işletmede sorunlarla karşılaşılabilir. Su kulesi suyunun direkt kullanılması halinde soğutma eşanjörlerinde kireçlenmeye ve kirlenmeye neden olmaktadır. Ayrıca, su kulelerinde kullanılan suyun buharlaşma nedeniyle eksilen kısmının sürekli olarak takviye edilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak, kule haznesinde biriken tortulardan kurtulmak için belirli aralıklarla suyun blöf edilmesi gerekir; haznedeki su, buharlaşma sonucu eksilen suyun içindeki kireç ve benzeri maddelerin sistemde birikmesi nedeniyle çok yüksek sertlik ve kirlilik değerlerine ulaşabilmektedir. Su kaybı ve su kalitesi yönünden de bu sistemlerin kullanılmasının incelenmesi gerekir.

2. Ek ısı değiştirgeci Kullanılan sistemler:

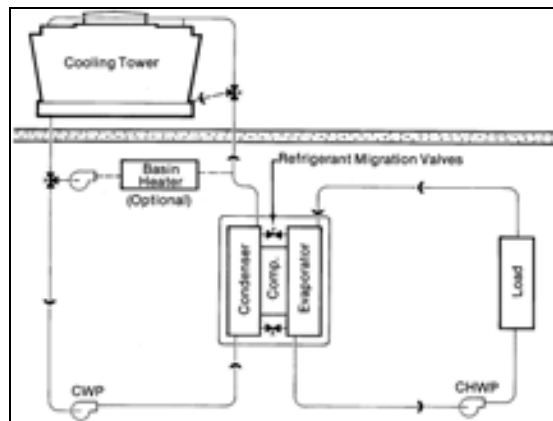
Sistem içerisinde ayrı bir ısı değiştirgeci kullanmak sureti ile yapılan uygulamalardır. Kullanılan ısı değiştirgeçleri genelde plakalı tiptedir. Kış döneminde, soğuk su devresindeki ısı yükü kule suyu tarafından soğutucu gruba ihtiyaç duyulmaksızın ek bir ısı değiştirgeci vasıtası ile alınır.



Şekil 3. Ek ısı değiştirgeci Kullanılan sistemler [1]

3. Soğutucu Gaz hareketi sistemi:

Soğutucu Gaz hareketi sistemi nadir olarak uygulanan bir sistemdir. Kondenser suyunun istenilen soğuk su sıcaklığının altında elde edilebilir olduğu durumlarda soğutma grubu bir termal sifon gibi çalışır. Düşük Kondenser suyu kondenserde gaz fazındaki soğutucu akışkanı yoğuşturur. Yoğuşan soğutucu akışkan yer çekiminin etkisi ya da yardımcı bir pompa ile evaporatöre geçer. Sistemde sirküle eden yüksek sıcaklıktaki soğutma suyu evaporatörde soğutucu akışkanın gaz fazına geçmesine neden olur. Evaporatör ve Kondenser arasındaki basınç farkı nedeni ile gaz kondensere geri döner. Bu sistemde evaporatör ve kondenser arasındaki akış by-pass bağlantıları ile sağlanır. Bu sistem sayesinde kompresör çalışmasına gerek kalmaz. Bu sistem tüm soğutma gruplarına uygulanamaz. Uygulanan gruplarda da Serbest Soğutma kapasitesi soğutma grubu dizayn kapasitesinin %10-30' u ile sınırlıdır. Serbest Soğutma kapasitesi, soğutma grubunun tasarım şartları ve istenen soğuk su sıcaklığı ile kondenser suyu sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır.



Şekil 4. Soğutucu Gaz hareketi sistemi [1]

2.2 Isı Değiştirgeçli Soğutma Uygulamaları

İklimlendirme sistemlerinde, proses su soğutma tesislerinde vb. ihtiyaç duyulan soğuk su üretimi için çok farklı uygulamalar yapılabileceği, bu sistemlerde Serbest Soğutma uygulamalarının kategorileri önceki başlıklarda belirtilmişti. Hava / Su soğutmalı su soğutma grupları (Chillerler), açık / kapalı su soğutma kuleleri, plakalı / boru-kovan tip eşanjörler bu sistemlerdendir.

Bahsi geçen uygulamalara ek olarak soğuk su üretimde oldukça yaygın kullanım alanına sahip olan bir diğer sistem de kanatlı-borulu ısı eşanjörlü (Soğutma Bataryalı) sistemlerdir. Bu sistemler uygulamada ihtiyaç duyulan soğuk su sıcaklık değerlerine bağlı olarak herhangi bir soğuk su üretici grup olmaksızın çalışabilmekle birlikte Serbest Soğutma uygulamaları için bir soğuk su üretici grup ile beraber entegre yada bağlantılı olarak da kullanılabilirler. Ortam sıcaklık değerlerinin istenilen soğutma suyu değerinin 1,5 – 2.0°C altına düşmesi ile birlikte bu sistemler kullanılmaya başlanabilir. Sistemin çalışma yapısı, tamamen mekanik soğutma (Serbest Soğutma uygulaması yok), kısmi Serbest Soğutma (yük paylaşımı-ön soğutma) ve tamamen Serbest Soğutma (soğutma grubu çalışmıyor) olmak üzere üç değişik yaklaşım ile tanımlanabilir.

Su kulelerine alternatif olan bu sistemin kapalı devre çalışması sayesinde soğutma suyunun azalması problemiyle karşılaşmaz, bunun yanı sıra devre içerisinde kirlenme vb. riskler bu uygulamalarda tamamen ortadan kalkmaktadır.

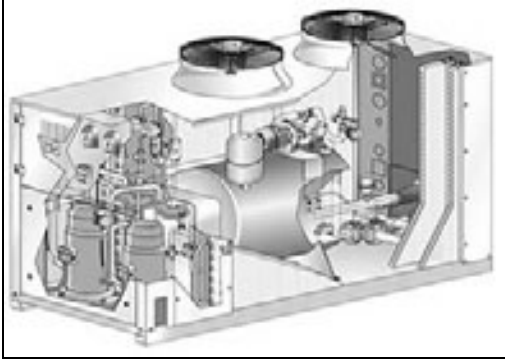
Kanatlı-borulu ısı eşanjörlü (Soğutma Bataryalı) sistemler iki farklı biçimde uygulanabilir:

1. Soğutma Grubu ve Entegre Serbest Soğutma Bataryası Uygulamaları
2. Kuru ve Islak/Kuru Soğutucu Sistemleri Uygulamaları

2.2.1 Soğutma Grubu ve Entegre Serbest Soğutma Bataryası Uygulamaları

Enerji verimliliğinin tesisatlarda giderek ön plana çıkması tesislerde enerji tüketiminin büyük kısmını yaratan su soğutma gruplarının dizaynlarını da etkilemeye başlamıştır. Geleneksel su soğutma gruplarından farklı olarak entegre Serbest Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grupları uygulamalarda kendilerini hissettirir olmuşlardır. Entegre Serbest Soğutma bataryalı grupların fabrikada üreticiler tarafından standart olarak imal edilmesinin yanı sıra tesiste var olan geleneksel gruplara da sistemde bazı değişiklikler yapılarak Serbest Soğutma bataryaları uygulanabilmektedir.

Serbest Soğutma kullanılacak tesisin iklimlendirme amaçlı mı yoksa proses soğutma amaçlı mı çalıştığı, bunun yanı sıra devrede sirküle eden suyun eksi bir dış ortam sıcaklığı ile karşılaşmaması için tasarımı için önemlidir. Sistemin soğutma suyu ihtiyacında %100 su kullanılabileceği gibi, eksi bir dış ortam sıcaklığı altında çalışan sistemde donmayı önlemek için glikol-su karışımı (salamuralı) suyun kullanılması gerekmektedir. (Ağırlıkça %20 glikollü bir karışım ortalama -10°C, %30 glikollü bir karışım ise ortalama -16 °C'a kadar koruma sağlar.) Glikol-su karışımı sistemin kullanımı durumunda unutulmaması gereken iki önemli konu vardır. Birincisi, soğutucu bataryada donmayı önlemek için kullanılan glikol-su karışımının kapasitesinin %100 su kullanılan sistemlere göre çok daha düşük olduğu ve bu nedenle de daha büyük ısı transfer alanına, dolayısıyla daha büyük (maliyeti daha yüksek) bir soğutucu chillere gereksinim olduğudur. İkinci nokta ise, klima santrali, fancoil gibi iklimlendirme cihazlarında glikol-su karışımının kullanılmasının istenmemesidir ki bu durumda glikol-su sistemine göre dizayn edilmiş soğuk sulu ünite ile soğuk su devresi arasına ek bir ısı değiştirgeci gereksinimi duyulur. Tasarım öncesi uygulama yeri ve sıcaklıklarına göre bu durumlar muhakkak dikkate alınmalıdır.

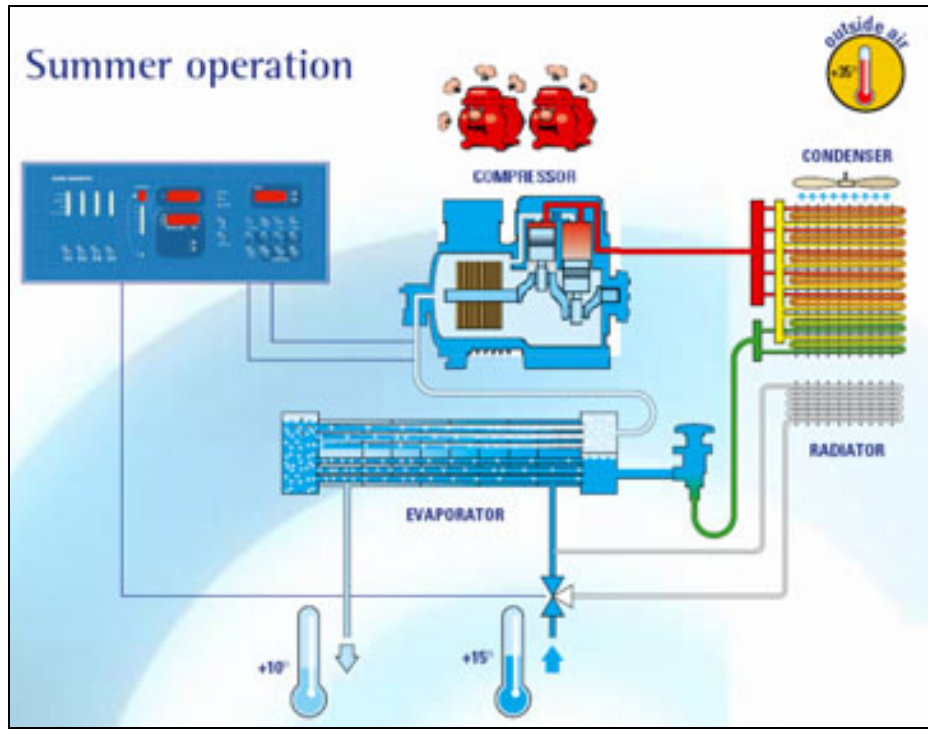


Şekil 5.a Entegre Serbest Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu şematik [3]



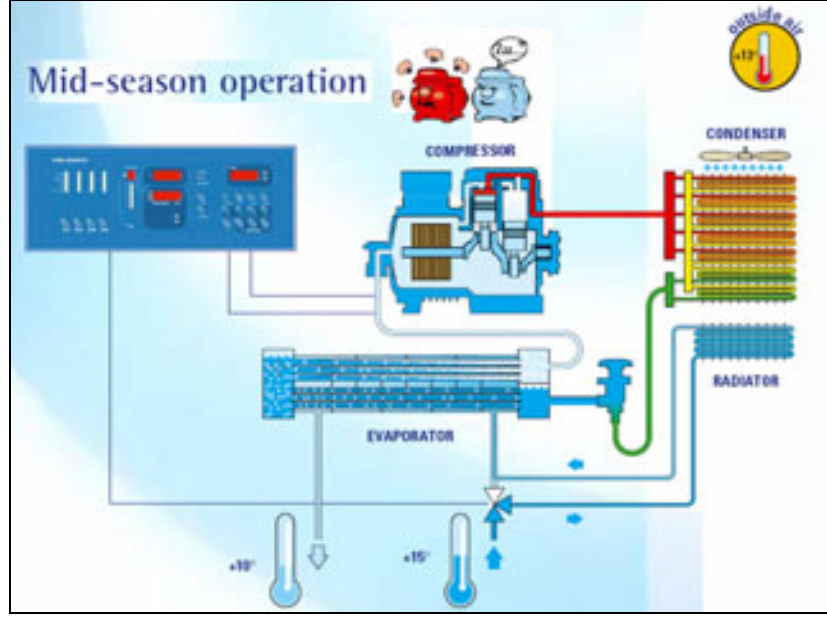
Şekil 5.b Entegre Serbest Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu [4]

Aşağıda görsel şekiller ile Yaz, Kış ve Bahar dönemlerinde entegre Serbest Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma gruplarının çalışma mantığı verilmektedir. Kuru soğutma sistemlerinde de temel olarak aynı yaklaşım mevcut olup grup ile kuru soğutucu ayrı ayrı üniteler olarak çalışmaktadır.



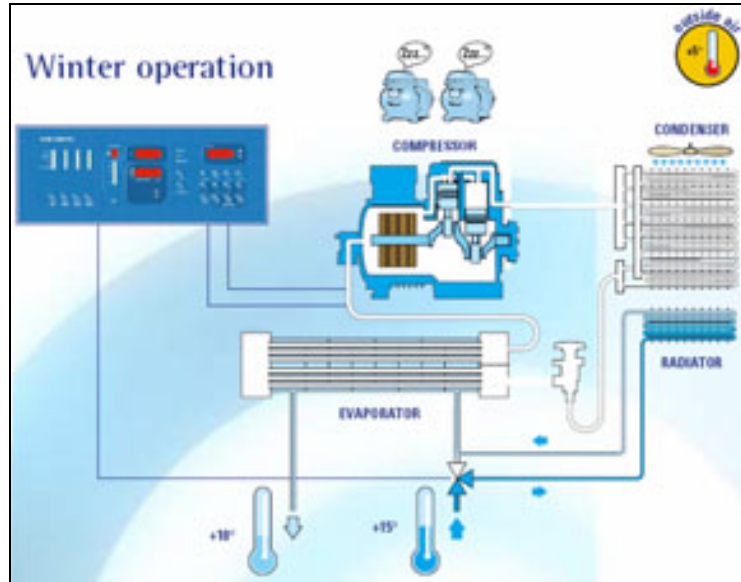
Şekil 6.a Entegre serbest soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu Yaz Mevsimi çalışma koşulu [5]

Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değeri ve dönüş suyu sıcaklık değerinin üzerindedir. (Örnek Ortam: 35°C, T soğutma suyu: 10°C, T dönüş suyu: 15°C) Soğuk su ihtiyacı tamamen geleneksel soğutma çevrimi içerisinde soğutma grubunun kompresörü çalışması ile sağlanır. Serbest soğutma bataryası çalışmamaktadır.



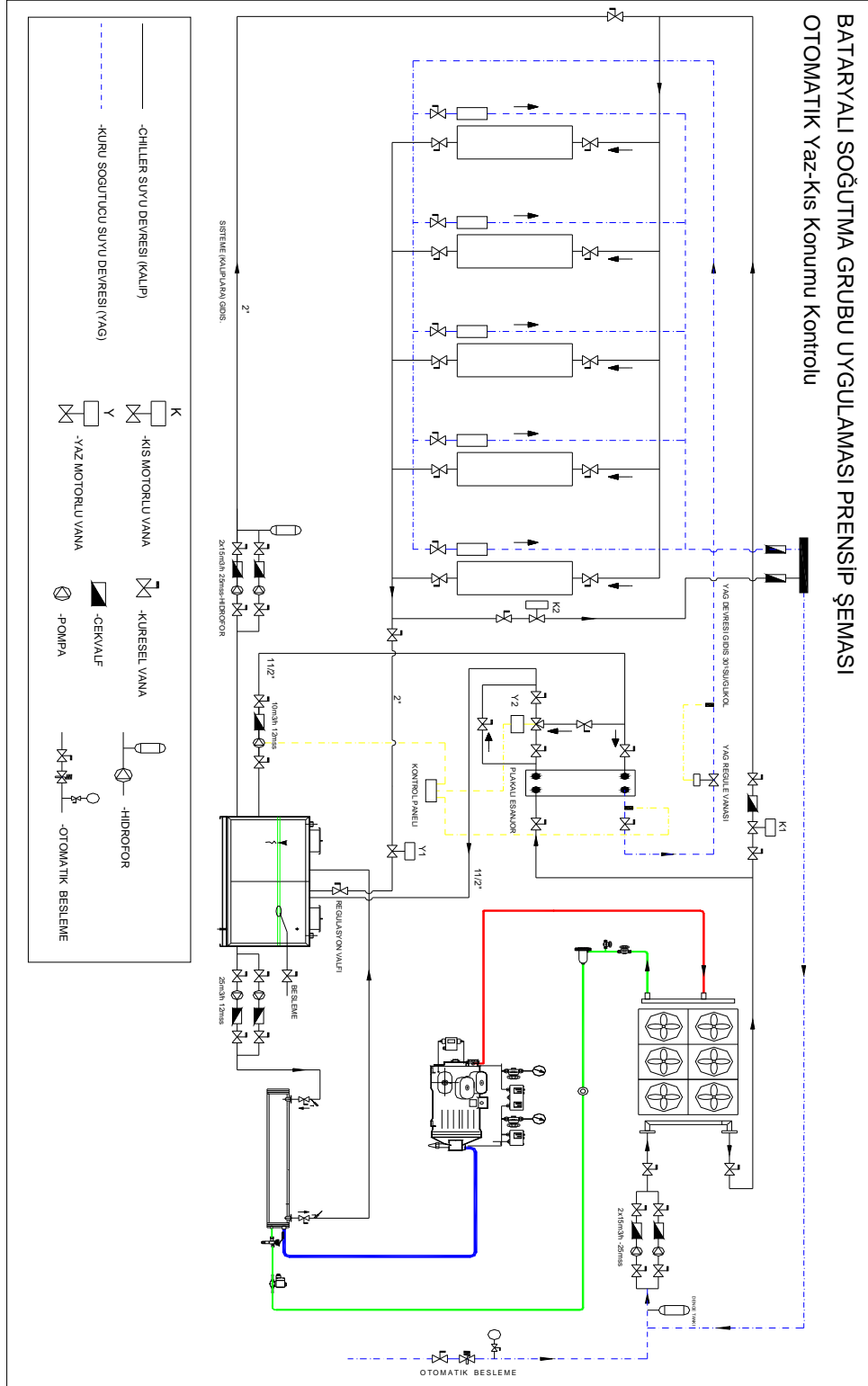
Şekil 6.b Entegre serbest soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu **Bahar Mevsimleri** çalışma koşulu [5]

Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değerinin üzerinde ve dönüş suyu sıcaklık değerinin altındadır. (Örnek Ortam: 13°C, T soğutma suyu: 10°C, T dönüş suyu: 15°C) Soğutma dönüş suyu öncelikli olarak Serbest Soğutma bataryasından geçirilerek ortam havası ile ön-soğutulur. Serbest soğutma kapasitesi ortam sıcaklık değerine bağlıdır. Üç yollu vana ve kontrol ünitesi vasıtası ile serbest soğutmadan yararlanır.



Şekil 6.c Entegre serbest soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu **Kış Mevsimi** çalışma koşulu [5]

Ortam sıcaklığı istenilen soğuk su sıcaklık değeri ve dönüş suyu sıcaklık değerinin altındadır. (Örnek Ortam: 5°C, T soğutma suyu: 10°C, T dönüş suyu: 15°C) Sistemde ihtiyaç duyulan soğuk su tamamen ortam havası vasıtası ile serbest soğutma bataryası tarafından sağlanır. Bu durumda soğuk su elde edilmesi için harcanacak enerji yalnızca soğutma grubunun üzerindeki fanların çektiği güç kadar olacaktır.

UYGULAMA ÖRNEĞİ: Entegre Serbest Soğutma bataryalı su soğutma grubu uygulaması

Şekil 7. Entegre serbest soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu uygulamasına yönelik prensip şeması [6]

Yukarıda verilen prensip şeması plastik sektörüne yönelik olarak 2002 yılında İstanbul'da yapılmış bir uygulamaya aittir. Sistemde mevsimsel dış hava sıcaklıklarına bağlı olarak soğutma grubu devreden çıkarılmakta, kalıp ve yağ soğutma için serbest soğutma kullanılmaktadır. Böylelikle sistemde enerji verimliliği sağlanmaktadır. Çalışma Otomatik kontrol sistemi ile kumanda edilmektedir.

Sonraki sayfada sistem için yapılan karşılaştırma görülmektedir.

Serbest soğutma bataryası (Kuru Soğutucu sistemi) hava soğutmalı grubun kondenseri ile entegre olarak aynı kaset içerisinde. Böylelikle ünitenin kompakt bir yapıda olması da sağlanmıştır.

Soğutma sisteminin kurulu olduğu fabrika plastik sektörü içerisinde faaliyet göstermek-te, giyim askıları imalatı yapmaktadır. Fabrika 12 ay, 6 gün/24 saat üretim yapmaktadır. Toplam 7 adet enjeksiyon makinesi prensip şeması verilen Entegre serbest soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubuna bağlı çalışmaktadır.

Sistem Yaz konumunda 4 ay (Haziran - Eylül); Kış konumunda 8 ay (Ekim - Mayıs) çalışmaktadır.

Yaz Konumunda (Haziran - Eylül)

1. Kalıpları soğutmak için Chiller grubu çalıştırılmaktadır. Soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri: 24,5°C , üst sınır değeri : 26 °C'dir . Sistemde Chiller grubu saatte toplam 30 dk. beklemekte, 30 dk. çalışmaktadır. Üretilen giyim askılarının malzemesi polistren ve polipropilendir. Üreticinin yaptığı çeşitli denemeler sonrasında kalıpların daha düşük sıcaklıklarda soğutulmasının üretilen bu ürünün üretim hızını çok fazla etkilemediği (Bunun ihmal edilebilir düzeyde olduğu) görülmüştür. Bu nedenle de görece yüksek sıcaklıkta kalıp soğutulması yapılmaktadır. Ürün için farklı bir malzeme kullanılması yada ürün kalınlıklarının artması durumunda daha düşük sıcaklıkta kalıp soğutma suyuna ihtiyaç duyulabilir ve düşük sıcaklıkta su kullanımı ile üretim hızı artırılabilir.

2. Enjeksiyon makineleri hidrolik yağı soğutulması için entegre Serbest Soğutma bataryası (Entegre kuru soğutucu ünitesi) kullanılmaktadır. Yağ soğutma için soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri: 30°C, üst sınır değeri: 36 °C'dir. Mevsim normallerinin üzerindeki aşırı hava sıcaklıklarında Plakalı eşanjör devreye girmektedir.

Kış Konumunda(Ekim - Mayıs)

1. Kalıpları soğutmak için entegre Serbest Soğutma bataryası (Entegre kuru soğutucu ünitesi) kullanılmaktadır. Chiller grubu kapalıdır. Soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri: 24,5°C, üst sınır değeri : 26 °C'dir . Altı fandan oluşan ünitenin ikisi sürekli çalışmakta, diğer fanlar termostat kontrolü ile sisteme girmektedir. (Bunun yanı sıra Ocak ve Şubat aylarında bazı günlerde Lodos estiği zaman oluşan hava akımı fanları kendisi çevirmekte böyle durumlarda fanlar günün sadece 5 saat çalışmakta, ek bir enerji kazancı sağlamaktadır. Bu durumun oluşma zamanları belirsiz olduğundan dolayı uygulama için yapılan analizde dikkate alınmamıştır.)

2. Enjeksiyon makineleri hidrolik yağı soğutulması için entegre Serbest Soğutma bataryası (Entegre kuru soğutucu ünitesi) kullanılmaktadır. Yağ soğutma için soğutma suyu çalışma sıcaklık aralığı alt sınır değeri:24,5°C, üst sınır değeri:26 °C'dir. Yağ sıcaklığı kışın düşük kaldığından makinelere giden hattaki su debisi ayarlanarak yağ sıcaklığı istenilen değerde tutulmaktadır.

Tablo 1. Varolan soğutma sisteminin çalışma durumu ve Serbest Soğutma olmaması durumu

| Soğutma İşlemi | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--------------------------------------|---------------------------|-------|------|-------|-------|------------------------|--------|---------|---------------|------|-------|--------|
| VAROLAN DURUM | | | | | | | | | | | | |
| Kalıp Soğutma | Kuru Soğutucu | | | | | Soğutma Grubu(Chiller) | | | Kuru Soğutucu | | | |
| Yağ Soğutma | | | | | | Kuru Soğutucu | | | | | | |
| SERBEST SOĞUTMA UYGULANMAMASI DURUMU | | | | | | | | | | | | |
| Kalıp Soğutma | Soğutma Grubu (Chiller) 1 | | | | | | | | | | | |
| Yağ Soğutma | Soğutma Grubu (Chiller) 2 | | | | | | | | | | | |

Serbest Soğutma ile ortaya çıkan kazancın bulunması için yapılan hesaplamada sistemde kurulu soğutma grubu ve entegre soğutucu batarya kullanımı durumu ile Serbest Soğutmanın yapılmaması durumu (ikinci bir soğutma grubunun kullanılması) karşılaştırılmıştır.

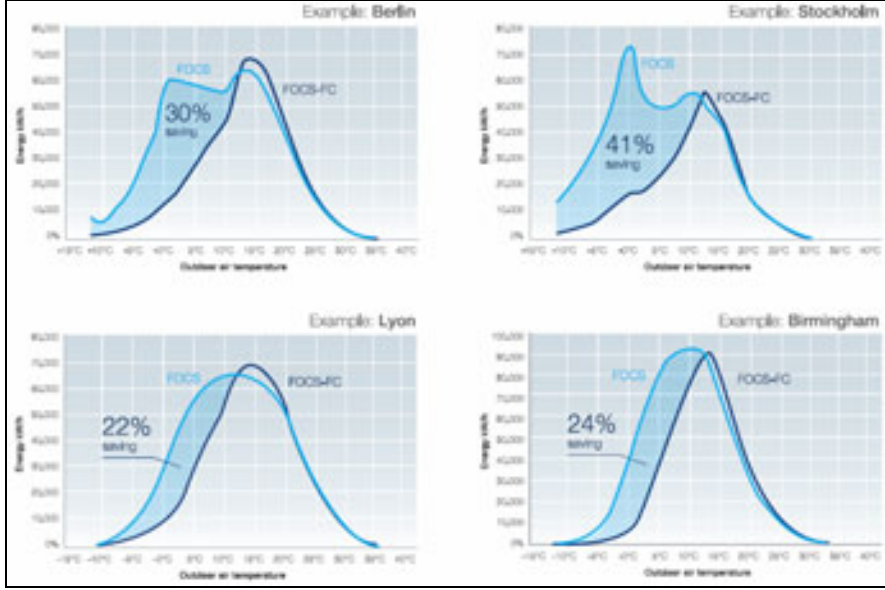
Sistemde gerekli olan soğutma kapasitesi ihtiyacı: 180 kw'dır. Varolan durumda Kalıp soğutma için 60 kw ve Yağ soğutma için 120 kw güç gerekmektedir. Chiller daha sonra yapılacak yatırımlar içerisinde ortaya çıkacak kapasite gereksinimlerini karşılaması için gereken kapasiteden daha büyük seçilmiş bu nedenle de saatte toplam 30 dk. beklemekte, 30 dk. çalışmaktadır. Serbest Soğutma bataryası (Kuru Soğutucu sistemi) hava soğutmalı grubun kondenseri ile entegre olarak aynı ünite içerisinde. Üniteye 6 adet yüksek devirli Ø630 mm fan mevcuttur.

Serbest Soğutma uygulanmaması durumundaki senaryoda ise sistemdeki yağ ve kalıp soğutma prosesleri için gerekli toplam 180 kw lik soğutma kapasitesini karşılamak için iki adet 120 kw lik chiller kullanımı öngörülmüştür. Sistemde ihtiyaç duyulan 180 kw soğutma yüküne karşılık toplam 240 kw kapasiteli chillerlerin 18'er saat çalışması yeterlidir. Analizde elektrik birim fiyatının KDV ve benzeri eklentiler dahil 0,09 €/kWh olduğu kabul edilmiştir. Serbest Soğutma uygulamalı ve Serbest Soğutma uygulanmaksızın Yaz ve Kış aylarında yapılan proses soğutma esnasında harcanacak enerji bedelleri dönemlere bağlı olarak yıllık toplamda aşağıdaki tabloda verilmiş, ekonomik kazanç gösterilmiştir. Ele alınan uygulamada yıllık 15.998,73 € (63,72%) kazanç sağlanmaktadır.

Tablo 2. Serbest Soğutma ile ortaya çıkan kazanç hesap tablosu

| | | |
|--|-----------------------|-------------|
| VAROLAN DURUM (CHILLER + KURU SOĞUTUCU UYGULAMASI) | | |
| KALIP SOĞUTMA & YAĞ SOĞUTMA | 4 Aylık YAZ DÖNEMİ | 5.612,52 € |
| | 8 Aylık KIŞ DÖNEMİ | 3.498,08 € |
| | YILLIK TÜKETİM BEDELİ | 9.110,60 € |
| CHILLER + CHILLER SENARYOSU (KURU SOĞUTUCU YOK) | | |
| KALIP SOĞUTMA & YAĞ SOĞUTMA | 4 Aylık YAZ DÖNEMİ | 10.761,14 € |
| | 8 Aylık KIŞ DÖNEMİ | 14.348,19 € |
| | YILLIK TÜKETİM BEDELİ | 25.109,33 € |
| EKONOMİK KAZANÇ (EURO/YIL) | | 15.998,73 € |
| EKONOMİK KAZANÇ (%) | | 63,72% |

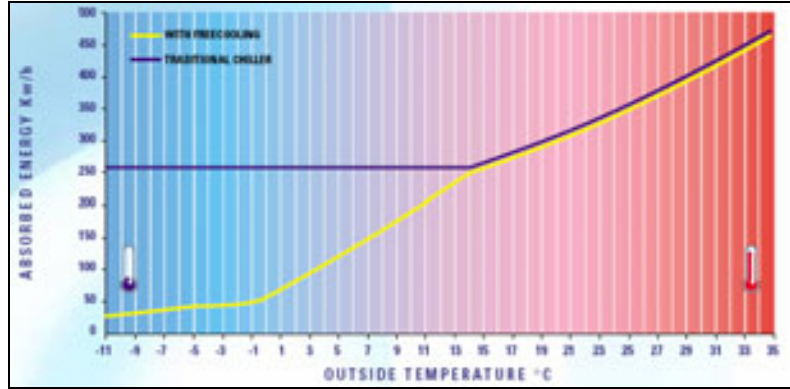
Proses soğutma uygulamasının yanı sıra, Serbest Soğutmanın klima sistemlerinde kullanılması esnasında oluşan kazancı göstermek amaçlı olarak chiller üreticisi bir firmanın entegre Serbest Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma gruplarına yönelik olarak Avrupa'nın dört farklı şehrinde yaptığı ölçümlere bağlı sonuçlar aşağıda grafikler halinde verilmiştir.



Grafik 1. Avrupa'daki dört farklı şehirde çalışan klima sistemine uygulanan serbest soğutma bataryalı gruba ait dış sıcaklık verilerine bağlı enerji kazanç değerleri [7]

Soğuk iklim bölge-lerindeki yerleşimlerde doğal soğutma veriminin yükseldiği açıklıkla görülmekte-dir.

Aynı üreticinin Milano şehrindeki bir başka klima sistemi için entegre Serbest Soğutmalı uygulamasından çıkan sonuçlar aşağıdaki grafikten görülebilir. (Dış ortam sıcaklığı: 30°C, Tsu gidiş/dönüş: 10°C/15°C, %30 Glikol karı şımlı) Bu örnekte elde edilen verim üreticinin yaklaşımı ile %27,6 dır.



Grafik 2. Milano şehrinde çalışan klima sistemine uygulanan 1123 kw soğutma kapasiteli gruba ait dış sıcaklık verilerine bağlı serbest Soğutma karşılaştırma değerleri [7]

Ülkemizdeki üç farklı şehir için yapılan teorik bir başka çalışmaya istinaden 1.625 kw'lık soğutma grubuna ait Serbest Soğutma verimliliği İzmir şartlarında yaklaşık %15, İstanbul şartlarında yaklaşık %30 ve Ankara şartlarında yaklaşık %37 olarak hesaplanmıştır.[8]

Aşağıda İstanbul, İzmir ve Ankara şehirlerine ait Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı 11 yıllık sıcaklık verileri görülmektedir. Sistemde ihtiyaç duyulan soğutma suyu sıcaklığı yükseldikçe Serbest Soğutmadan alınan faydanın artacağı rahatlıkla görülmektedir.

Tablo 3.a D.M.İ İstanbul şehrine ait 11 yıllık sıcaklık verileri [9]

| İSTANBUL | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2006) | | | | | | | | | | | | |
| Ortalama Sıcaklık (°C) | 6.1 | 5.9 | 7.7 | 12.1 | 16.7 | 21.5 | 23.8 | 23.5 | 20.0 | 15.6 | 11.2 | 8.0 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | 9.0 | 9.2 | 11.6 | 16.6 | 21.3 | 26.2 | 28.5 | 28.3 | 24.9 | 19.9 | 14.8 | 10.7 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | 3.6 | 3.2 | 4.6 | 8.3 | 12.4 | 16.8 | 19.4 | 19.5 | 16.0 | 12.3 | 8.3 | 5.4 |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | 2.3 | 3.1 | 4.6 | 6.0 | 8.0 | 9.8 | 10.5 | 9.4 | 7.9 | 5.2 | 3.3 | 2.2 |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | 17.3 | 14.9 | 13.0 | 11.3 | 7.6 | 6.4 | 3.9 | 5.6 | 7.0 | 11.3 | 13.7 | 16.9 |
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2006)* | | | | | | | | | | | | |
| En Yüksek Sıcaklık (°C) | 18.3 | 24.0 | 26.2 | 32.9 | 33.0 | 39.2 | 39.7 | 38.8 | 33.6 | 34.2 | 27.2 | 21.2 |
| En Düşük Sıcaklık (°C) | -7.9 | -8.0 | -6.9 | 0.6 | 3.6 | 9.0 | 13.5 | 12.2 | 9.2 | 3.2 | -1.0 | -3.4 |

Tablo 3.b D.M.İ Ankara şehrine ait 11 yıllık sıcaklık verileri [9]

| ANKARA | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2006) | | | | | | | | | | | | |
| Ortalama Sıcaklık (°C) | 0.4 | 1.9 | 6.0 | 11.2 | 15.9 | 19.9 | 23.4 | 22.9 | 18.5 | 12.9 | 6.6 | 2.3 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | 4.3 | 6.5 | 11.6 | 17.0 | 22.0 | 26.3 | 30.0 | 29.8 | 25.9 | 19.7 | 12.3 | 6.1 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | -2.9 | -2.2 | 0.8 | 5.7 | 9.6 | 12.9 | 16.0 | 15.8 | 11.7 | 7.3 | 2.2 | -0.8 |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | 2.6 | 4.0 | 5.6 | 6.4 | 8.6 | 10.4 | 11.4 | 10.9 | 9.4 | 6.6 | 4.4 | 2.4 |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | 11.5 | 10.2 | 10.2 | 12.6 | 12.4 | 9.3 | 4.0 | 3.3 | 3.7 | 7.3 | 9.0 | 11.1 |
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2006)* | | | | | | | | | | | | |
| En Yüksek Sıcaklık (°C) | 16.6 | 19.9 | 25.7 | 30.3 | 33.0 | 37.0 | 40.8 | 39.0 | 35.2 | 32.2 | 24.4 | 18.0 |
| En Düşük Sıcaklık (°C) | -21.2 | -21.5 | -19.2 | -6.7 | -1.6 | 5.0 | 6.8 | 7.2 | 2.8 | -3.4 | -8.8 | -14.6 |

Tablo 3.c D.M.İ İzmir şehrine ait 11 yıllık sıcaklık verileri [9]

| İZMİR | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2006) | | | | | | | | | | | | |
| Ortalama Sıcaklık (°C) | 8.9 | 9.1 | 11.7 | 15.9 | 20.8 | 25.7 | 28.1 | 27.4 | 23.6 | 18.9 | 13.7 | 10.3 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | 12.6 | 13.2 | 16.4 | 20.9 | 26.0 | 31.0 | 33.3 | 32.7 | 29.2 | 24.2 | 18.2 | 13.8 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | 5.9 | 5.8 | 7.7 | 11.4 | 15.6 | 20.1 | 22.7 | 22.4 | 18.7 | 14.7 | 10.4 | 7.5 |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | 4.3 | 5.0 | 6.6 | 7.5 | 9.5 | 11.8 | 12.2 | 11.6 | 10.0 | 7.5 | 5.3 | 3.8 |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | 11.4 | 10.3 | 8.3 | 8.4 | 5.0 | 2.2 | 1.7 | 1.3 | 3.7 | 5.4 | 8.9 | 12.3 |
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2006)* | | | | | | | | | | | | |
| En Yüksek Sıcaklık (°C) | 20.4 | 23.5 | 30.5 | 31.8 | 37.5 | 41.3 | 42.6 | 43.0 | 38.0 | 36.0 | 28.6 | 25.2 |
| En Düşük Sıcaklık (°C) | -4.0 | -5.0 | -3.1 | 0.6 | 7.0 | 10.0 | 16.1 | 15.6 | 12.6 | 5.7 | 0.0 | -3.7 |

2.2.2 Kuru ve Islak/Kuru Soğutucu Sistemleri Uygulamaları

Kuru Soğutucular

Su soğutma işleminde kullanılan kanatlı-borulu ısı eşanjörlü bir diğer yöntem de Kuru Soğutucu (Dry Cooler) olarak adlandırılan sistemlerdir. Temel mantık sistemdeki dönüş suyu yükünün bir fanlı eşanjör sistemi yardımıyla havaya aktarılmasıdır. Fanlar (vantilatörler) ile emilen havanın kanatlar (lameller) arasından geçerken boru içindeki akışkanı soğutması esasına göre çalışır. Bu yöntemde eşanjörün dış yüzeyi kurudur. Bu durumda kanatlarda kireçlenme ve korozyon gibi sorunlar yoktur. Sistemin kapalı devre çalışması sayesinde soğutma suyunun azalması problemiyle karşılaşılmaz.

Kış aylarında Kuru Soğutucularda donma riskine karşı önlem alınmalıdır. Aksi takdirde, iç akışkanın donması sonucu borularda oluşacak tahribatın onarılması imkansızdır. Ülkemizde, donma sonucu kullanılamaz hale gelmiş Kuru Soğutucuların tamamen yenilenmek zorunda kaldığı örneklere sıklıkla rastlanmaktadır. Donma riskine karşı genel olarak uygulanan önlem, sistemin kullanım dışı bırakıldığı soğuk havalarda Kuru Soğutucu içindeki suyun boşaltılmasıdır.

Bununla birlikte, borulama yapısından dolayı Kuru Soğutucu içindeki suyun tam olarak boşaltılması mümkün olmadığından, soğutma suyuna yeterli oranda antifriz (etilen-glikol) katılması gereklidir.

Kuru Soğutucu seçiminde, kullanım sırasında soğutma suyuna eklenecek glikolün de hesaba katılması gerekir. Kuru Soğutucu tasarımı %25-%35 glikollü suya göre yapılmalıdır. Aksi takdirde, suya eklenecek glikolün soğutma kapasitesinde yol açacağı düşüş, Kuru Soğutucudan beklenen performansın alınamamasına yol açacaktır. Dolayısıyla, Kuru Soğutucunun soğutma kapasitesinin değeri, tasarım şartları ve glikol oranı bilgisi verilmezse bir anlam taşımaz.



Şekil 8.a Yatık Tip Kuru Soğutucu [6]



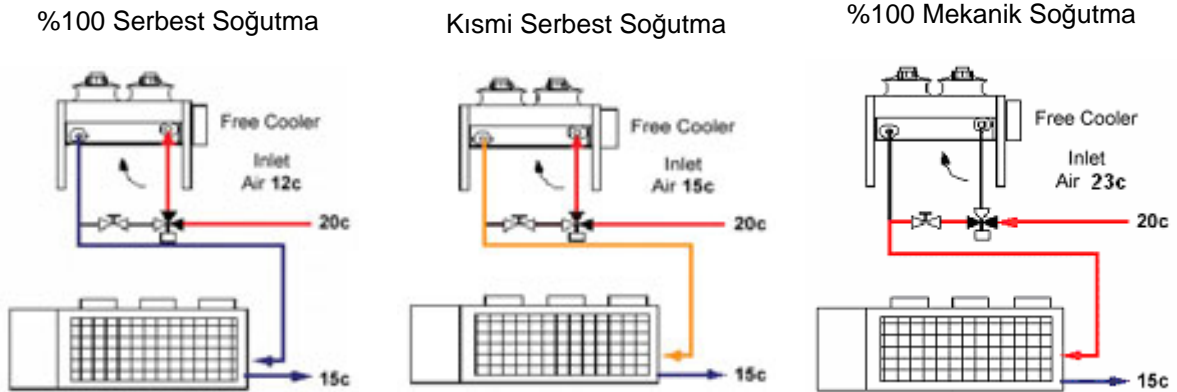
Şekil 8.b V Tipi Kuru Soğutucu [6]



Şekil 8.c Soğutma grubu ve Kuru Soğutucu uygulaması [4]

Kuru Soğutucularda elde edilen su sıcaklığı ortamın kuru termometre sıcaklığına bağlıdır; kuru termometre sıcaklığının yaklaşık 5 °C üzerine kadar soğutulmuş su elde edilebilir. Daha düşük sıcaklıklarda soğutma suyuna ihtiyaç duyulan durumlarda Islak-Kuru Soğutucular kullanılır.

Bu sistemler yukarıda açıklaması yapılan Serbest Soğutma bataryalı sistemler ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Tesiste kurulmuş bir su soğutma grubu mevcutsa ve düşük ortam sıcaklıklarında Serbest Soğutma işleminden faydalanılmak isteniyorsa kuru soğutucu sistemler bu durum için idealdir. Kuru soğutma sistemleri plastik, kimya, enerji, iklimlendirme vb. sektörü içindeki uygulamalarda bir soğutma grubu ile birlikte kullanılabilen gibi ayrıca su soğutma ihtiyacına bağlı olarak tek başına da kullanılabilirler.



Şekil 9. Soğutma Grubu ile Birlikte Kuru Soğutucu Uygulaması şematik gösterim [10]

Islak/Kuru Soğutucular

Islak-Kuru Soğutucular, temel prensip olarak Kuru Soğutucular gibi çalışır. Sistemde gerektiğinde ek soğutma sağlayacak bir su spreyleme sistemi bulunmaktadır. Spreylenen su, giriş havası akışında adyabatik soğutma etkisi meydana getirir. Sistemdeki akışkanın dış ortam sıcaklığından daha düşük sıcaklık değerlerine kadar soğutulması gerektiğinde, basınçlı su püskürtme sistemi devreye girerek giriş havasını neme doyurur ve hava sıcaklığını ortam sıcaklığının altına düşürür.

Su püskürtme sistemi yıl boyunca yalnız en sıcak günlerindeki belli saatlerde termostat kontrollü olarak devreye girerek ihtiyaç duyulan ek soğutmayı sağlayarak özel durumlar için ek bir soğutma sistemi ihtiyacını ortadan kaldırır. Diğer zamanlarda kuru çalışma olacağı için sistemde su tüketimi yoktur. Spreyleme sistemi kuru soğutucuların yanı sıra hava soğutmalı su soğutma gruplarının kondenserlerine de uygulanabilir. Islak-kuru soğutucular temel mantık aynı olmak üzere üç farklı biçimde uygulanabilirler:

Doğrudan Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucular

Spreyleme sisteminde kullanılan suyun sertliği alınmış ve filtrelenmiş olması gerekir; aksi halde eşanjör kanatları üzerinde biriken kireç ve tortu, zamanla eşanjörün kapasitesini düşürecek ve ömrünün kısalmasına neden olacaktır. Bu etkiyi önlemek için bir ağı sistemi üzerine su spreyleme yapılan Ağı Üzeri Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucular geliştirilmiştir. Islak-Kuru Soğutucularda aşındırıcı etkiye karşı ek önlem olarak epoksi kaplı lamel kullanılmalıdır. Epoksi kaplama, ortamdaki tuz ve aside karşı oldukça yüksek dayanıma sahiptir. Ünitenin epoksi toz boyalı galvaniz sac yada ileri korozif ortamlarda paslanmaz çelik olması tercih edilir. Su kulesine kıyasla suyun zararlı etkilerine çok daha az maruz kalmasına karşın, Islak-Kuru Soğutucuların uzun ömürlü olması için bu önlemlerin alınması önemlidir.



Şekil 10. Doğrudan su spreyleme sistemli Islak-kuru soğutucu [6]

Giriş havasının neme doyurulabilmesi amacıyla harcanacak su miktarı kullanılan püskürtücüye ve püskürtme basıncına göre değişiklik gösterir. Seçim, ortam havasının bağıl nemine bağlıdır; bağıl nemi %100'e mümkün olduğunca yaklaştırmak için yeterli miktarda ve kalitede su püskürtüldüğünden emin olunmalıdır. Bu nedenle tamamen buharlaşacak miktardan bir miktar daha fazla su püskürtülür ve artan su ortamda sıvı olarak kalır. Bu önlem, püskürtme sisteminin performansında zamanla oluşabilecek kayıplara karşı da emniyet sağlar.

Sisleme (Fogging) Sistemli Islak-Kuru Soğutucular

Doğrudan su spreyleme sistemlerine benzer bu uygulamada yüksek basınçta (70 bar) nozüllerden 35 mikronun altında püskürtülen su zerrecikleri giriş havasını neme doyurmakta ve ortam yağ termometre sıcaklığına yaklaştırmaktadır. Bu sistemde de spreyleme sisteminde olduğu gibi kullanılan suyun sertliği alınmış ve filtrelenmiş olması gerekir.

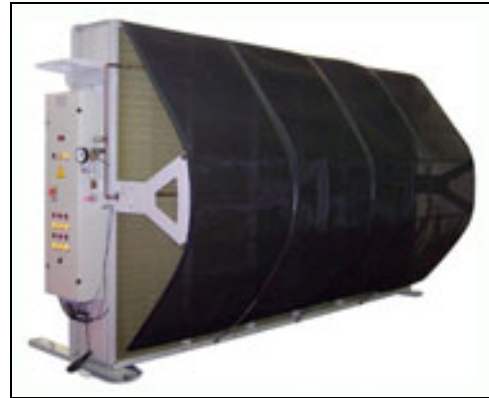


Şekil 11. Sisleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucu [6]

Ağ Üzeri Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucular

Ağ üzeri su spreyleme sistemi, kuru soğutucuların ön kısmına yerleştirilmiş geniş sık gözlü ağ yapılı malzemenin üzerine belirli mesafelerde bulunan nozullardan aralıklı olarak sistemin ihtiyacı kadar su spreyleme ve spreylene suyun adyabatik olarak buharlaşması sonucu ısı değiştirgeci yüzeyine temas eden giriş havası sıcaklığının düşürülerek, soğutmada verimin artırılmasını sağlama mantığı ile çalışan sistemdir.

Daha önce de açıklandığı üzere su spreyleme, giriş havası akışında adyabatik soğutma etkisi meydana getirir. Belirlenmiş set değerlerinin aşılması ile kontrol sistemi ısı değiştirgeciye giren hava sıcaklığını düşürmek için su spreyleme sistemini başlatır. Çok kuru iklim şartlarında su spreyleme sistemi giriş (ortam) havası için 15°C ile 20°C arası değerlere varan adyabatik soğutma sağlayabilir. Su spreyleme sisteminin çalışma süresi ve frekans ayarı, sistem performansının optimizasyonu ve su tüketiminin en aza indirilmesi amacı ile sürekli olarak kontrol cihazı tarafından sağlanır. Su, ısı değiştirgeci yüzeyine doğrudan püskürtülmediği, ağ yüzeyine püskürtüldüğü için lamellerin üzerinde kireç tabakası oluşmaz. Böylelikle ısı transfer verimliliğinin düşmesi engellenir. Bu sistemde su yumuşatma işlemine ayrıca gerek de kalmamaktadır.



Şekil 12. Ağ Üzeri Su Spreyleme Sistemli Islak-Kuru Soğutucu [6]

Kuru- Islak/Kuru Soğutucu seçiminde dikkat edilmesi gereken bir nokta da, tasarımın ortam sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesini sağlayacak şekilde yapılması gerekliliğidir. Ancak, hava sıcaklığının daha düşük olduğu zamanlarda, istenen kapasitenin elde edilmesi için fanların hepsinin tam devirde çalışması gereksiz ve masraflı olur. Soğutma suyu çıkış sıcaklığı üzerinden kontrol edilen sistemlerde, fanların düşük devirle çalıştırılması veya devreden çıkarılması ile sistem için uygun debide hava tedariki sağlanır.

Otomatik kontrol ile birlikte çift devirli fanların, hız kontrol cihazlarının ve Elektronik kontrollü EC fanların kullanılması sisteme ek enerji tasarrufu kazandıracaktır.

Plastik sektörde Yağ Soğutma Sistemlerinde kullanılan soğutma uygulamaları karşılaştırılması

Daha önceki bölümde aktarılan uygulama örneğinin de seçildiği plastik sanayi, soğutma uygulamalarına en fazla ihtiyaç duyulan, Serbest Soğutma uygulamalarının yaygınca kullanıldığı sektörlerden biridir. Bu nedenle soğutma uygulamalarında kullanılacak yöntemin bilinçli seçilmesi gerekir.

İmalatta kullanılan kalıpların soğutulması, özellikle ürün kalitesi açısından önemlidir. Plastiğin cinsine göre kalıpların belirli sıcaklık değerleri arasında tutulması gereklidir. Gerektiği gibi soğutulamayan kalıplarda üretilen mamullerde yüzey pürüzlülüğü yüksektir ve renk değişimi görülebilir. Ayrıca, yeterli soğutmanın yapılamaması sonucu kalıpların açılıp kapanma süreleri uzar ve üretim kapasitesi düşer. Ortam yağ termometre sıcaklığının gereken soğutma suyu sıcaklığının üzerinde olduğu zamanlarda diğer soğutucu sistemler ihtiyacı karşılayamadıkları için, böyle durumlarda kalıp soğutmada chiller grubundan yararlanılması gerekmektedir.

Makinelerin düzgün ve verimli çalışabilmesi için, kullanılan yağın da uygun şekilde soğutulmasına ihtiyaç vardır. Aksi takdirde performans düşer ve aşınmalar artar. Bu durumda enerji kaybının artmasının yanı sıra, makine ömrü de kısılacaktır. Yağ soğutma işleminin doğru şekilde yapılması durumunda bu sorunlar önlenecektir. Yağ soğutma için 29-35°C civarında soğutma suyuna ihtiyaç vardır. Yağ soğutma sistemlerinin ekonomik açıdan incelenmesinde ilk yatırım maliyetinin yanında işletme masraflarının da göz önünde bulundurulması gereklidir. Soğutma sisteminin seçiminde, alternatiflerden hangisinin orta ve uzun vadede diğerlerine göre avantajlı olduğu belirlenmelidir.

Aynı ihtiyacı karşılayacak açık ve kapalı devre su kuleleri ile Islak-kuru Soğutucu Sistemin ekonomik açıdan karşılaştırılması amacıyla hazırlanan analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Bir soğutma cihazının kondenserinden 630 kW'lık ısı alınması söz konusudur. %70-%30 su/glikol karışımının soğutucuya giriş sıcaklığı 30°C, soğutucudan çıkış sıcaklığı ise 26°C'tir. Hava sıcaklığı 32°C, bağıl nem % 38 alınmıştır. Analizde su birim fiyatının 1,98 €/m³, elektrik birim fiyatının ise KDV ve benzeri eklentiler dahil 0,09 €/kWh olduğu kabul edilmiştir. Sermaye masraflarının hesaplanmasında €'ya uygulanan yıllık faiz oranı % 10 alınmış, her üç sistemin de 15 yıl kullanılacağı varsayılmıştır (Hesaplamalarda böyle alınmakla birlikte kulenin korozif gazlara dayanıksızlığı ve diğer etkenlerle ekonomik ömrünün galvaniz kaplı olanlarda bile 5 ila 10 yıl olduğunu belirtmekte yarar vardır).

Tablo 4. Su kuleleri ile Islak-kuru Soğutucu Sistemin ekonomik açıdan karşılaştırılması

| SİSTEM MASRAF | Açık Devre Su Kulesi | Kapalı Devre Su Kulesi | Islak-Kuru Soğutucu |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| İlk Yatırım Maliyeti (€) | 4.350 | 9.500 | 23.500 |
| Su Giderleri (€/yıl) | 31.300 | 31.300 | 4.600 |
| Elektrik Giderleri (€/yıl) | 5.900 | 7.020 | 11.260 |
| Muhafaza Etme Masrafları (€/yıl) | 510 | 640 | 510 |
| Faiz Giderleri (€/yıl) | 570 | 1.250 | 3.090 |
| Yıllık Toplam İşletme Masrafı (€/yıl) | 38.280 | 40.210 | 19.460 |

Yıllık toplam işletme masrafları; su, elektrik ve faiz giderleri ile muhafaza etme masraflarının toplamından oluşmaktadır. Yukarıdaki tabloya göre Islak-kuru Sistem, açık devre su kulesi ile arasındaki ilk yatırım maliyeti farkını 1 yılda, kapalı devre su kulesi ile arasındaki ilk yatırım maliyeti farkını ise 1 yıldan kısa sürede karşılamaktadır. Bu süreler sonunda Islak-kuru Soğutucu Sistem diğer sistemlere göre ekonomik olarak daha avantajlı duruma geçer. Masraflar hesaplanırken kullanılan değerler tesisin bulunduğu yere ve kullanıldığı zamana göre değişeceği için, yukarıdaki tablo genel bir kıyaslama amacıyla kullanılmalıdır.

Suyun çok bol ve ucuz olduğu yerlerde ilk yatırım maliyeti su harcamalarından daha önemli bir kriter olabilir. Suyun az bulunduğu ve pahalı olduğu koşullarda ise soğutma suyu açısından en fazla tasarrufu sağlayacak sistemin seçilmesi avantajlı olacaktır.

Aşağıdaki tabloda ise, 560 kW'lık soğutma ihtiyacını karşılayacak bir chiller grubu ile, aynı ihtiyacı karşılayacak bir Islak-kuru Soğutucu Sistem aylık (30 gün çalışma) enerji harcaması açısından karşılaştırılmaktadır. Soğutucudan geçen akışkanın 35°C sıcaklıktan 31°C sıcaklığa soğutulması istenmektedir. Hava sıcaklığı 33°C, bağıl nem % 48 alınmıştır. Her iki sistemin de 16 saat/gün çalıştığı kabul edilmiştir. Elektrik birim fiyatı KDV ve benzeri eklentiler dahil 0,09 €/kWh alınmıştır.

Tablo 5. Su Soğutma Grubu (Chiller) ile Islak-kuru Soğutucu Sistemin ekonomik açıdan karşılaştırılması

| Chiller Ünitesi | | Islak-Kuru Soğutucu Sistem |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Kompresör gücü: 136 kW | 16 fanın çektiği güç: 32 kW | 10 fanın çektiği güç: 20 kW |
| Toplam güç: 168 kW | | Toplam güç: 20 kW |
| Aylık enerji harcaması: 80640 kWh | | Aylık enerji harcaması: 9600 kWh |
| Aylık masraf: 7.258 EURO | | Aylık masraf: 864 EURO |

Yukarıdaki tabloya göre, Islak-kuru Soğutucu Sistem kullanılması durumunda aylık kazanç 6.395 EURO olarak hesaplanabilir. Su tesisatı ve benzeri yatırımlar hariç tutularak sadece soğutucular ele alındığında, kullanılan chiller grubunun yatırım maliyetinin yaklaşık olarak 61.355 EURO olduğu, Islak-kuru Soğutucunun ise 27.600.EURO gibi bir yatırımla elde edilebileceği konusu da dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak Islak-kuru Soğutucu Sistem hem ilk yatırım maliyeti açısından, hem de işletme masrafları açısından chiller grubundan daha avantajlı durumdadır.

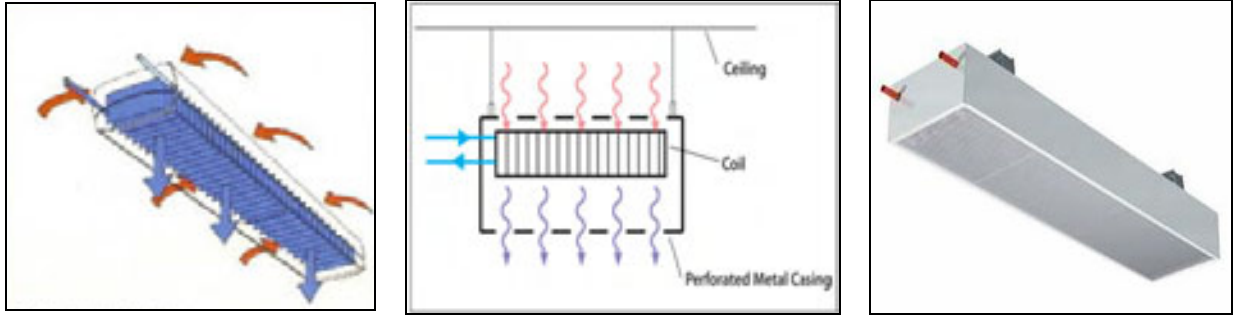
SOĞUK TAVAN (CHILLED BEAM) SİSTEMLERİNDE SERBEST SOĞUTMA UYGULAMASI

Özellikle kuzey ülkeleri ağırlıklı olarak Avrupa'da yaygın biçimde kullanılan, A.B.D dahil diğer ülkelerde giderek yaygınlaşan Soğuk Tavan (Chilled Beam) sistemi kullanıldığı iç ortamda hava kalitesini düşürmeden, merkezi şartlandırma sisteminin küçültülmesini sağlayarak enerji verimliliği yaratan oldukça etkili bir sistemdir. Bu sistemlerde Serbest Soğutma uygulamaları yapılması düşük sıcaklıklı chiller uygulamalarına göre daha yüksek soğutma suyu sıcaklıkları nedeni ile daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır. Soğuk Tavan (Chilled Beam) genel uygulamalarda kullanılan hava diffüzörlerinden farklı olarak çalışan, içerisinde bir kanatlı borulu su bataryası bulunan şartlandırma cihazı olarak tanımlanabilir. Bu ünitelerde sadece soğutma değil, su tesisatında sıcak su sirküle etmesi sureti ile ısıtma da yapılır.

Soğuk Tavan uygulaması "pasif" ve "aktif" olmak üzere iki temel kategoridedir.

Pasif Soğuk Tavan Sistemi

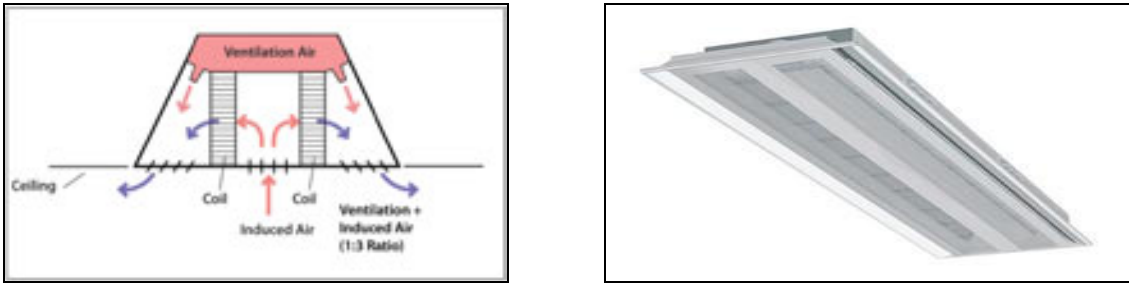
Pasif Soğuk Tavan olarak adlandırılan sistemde ısı transferi temel olarak doğal konveksiyon ve radyasyon vasıtası ile gerçekleştirir. Pasif Soğuk Tavan ünitesi bir kasetin içerisine yerleştirilmiş kanatlı borulu ısı değiştirgecinden (soğutucu batarya) oluşur. Uygulamalarda yaygın olarak kanat (lamel) malzemesi olarak alüminyum, boru malzemesi olarak da bakır kullanılır. Su soğutma santralinden elde edilen soğuk su soğutma bataryasının içerisinden sirküle ettirilir. Bu esnada kanatlar arasından akan ortam havası, soğur ve oda üst kısmından alt kısmına doğru hareket eder. Oda içerisinde ısınan hava da yukarı doğru hareket eder. Soğutma kapasitesi, soğutucu batarya sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki farka bağlıdır.



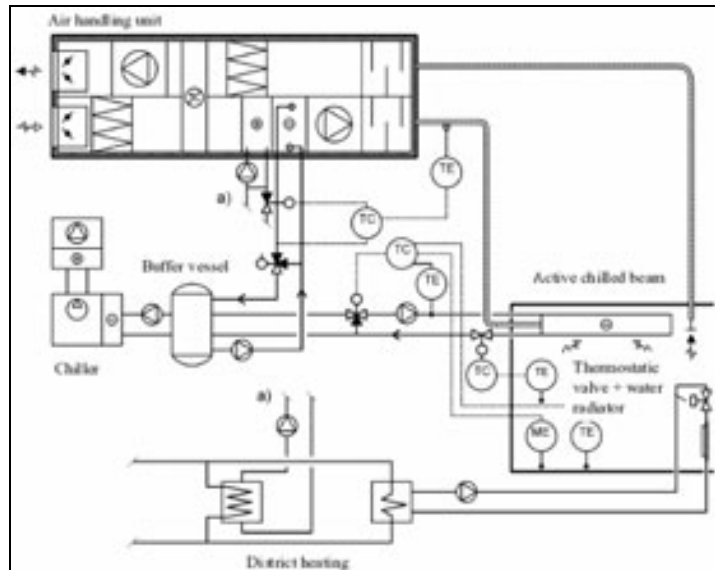
Şekil 13. Pasif Soğuk Tavan ünitesi [11],[12],[13]

Aktif Soğuk Tavan Sistemi

Aktif Soğuk Tavan olarak adlandırılan sistemde ünite taze hava besleme kanallarına ve soğuk su hattına bağlıdır. Merkezi klima santralinden sağlanan ön şartlandırılmış hava ünite içerisinde bulunan küçük hava jetlerinden üflenerek odaya üniteden doğru bir hava hareketi yaratılır. Bu hava hareketinin etkisi ile oda havası ünite içerisine akar ve ısı değişirgeçleri vasıtası ile soğutulur. Odadaki hava hareketi taze hava ve oda içinde sirküle eden havayı da karıştırır. Geleneksel diffüzörlerden boyut olarak büyük oluşları ek bir maliyet artışını beraberinde getirirse de sağladığı işletme maliyeti avantajı bu dezavantajı önemsiz kılmaktadır.



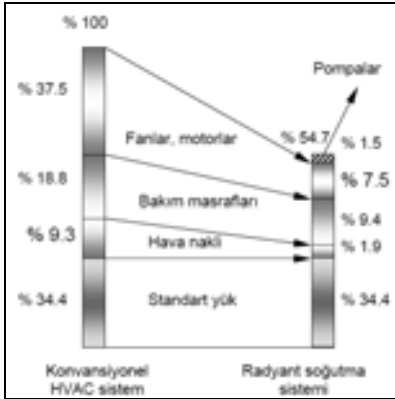
Şekil 14. Aktif Soğuk Tavan ünitesi [12],[13]



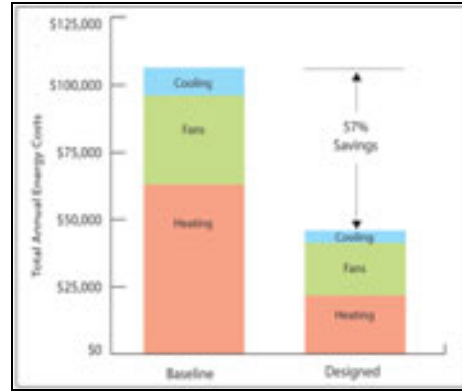
Şekil 15. Aktif Soğuk Tavan ünitesi sistem dizaynı [11]

Gerekli soğuk enerjiyi taşımak için ihtiyaç duyulan hava miktarı, taze hava ihtiyaç miktarından yüksek olduğu hallerde soğuk tavan sistemi sirküle eden hava miktarını önemli oranda düşürerek merkezi İklimlendirme cihaz kapasitesini düşürür. Bu sistemler mahalın duyulur soğutma ihtiyacını karşılayıp sistemin genel toplam soğutma ihtiyacını düşürerek soğutma gerekliliklerini havalandırma ve nem kontrolünden ayırdıkları için merkezi klima santrali boyutlarının küçülmesine böylelikle de ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azalmasını sağlarlar. Sistem duyulur olarak çalıştığından dolayı chiller grubu yüksek su sıcaklarında çalışmakta Serbest Soğutmaya imkan sağlamakta ve işletme maliyetinde düşmeye neden olmaktadır. Ayrıca Duyulur çalışma şartlarının bir başka etkisi de drenaj tesisatı gereksiniminin ortadan kaldırılmasıdır.

Aşağıda iki farklı karşılaştırma sonucu ile soğuk tavan sisteminin verimliliğe etkisi görülmektedir:



Şekil 16. Geleneksel HVAC tesisatı ile Soğuk tavan sisteminin enerji bakımından karşılaştırılması [14]



Grafik 3. Tahoe Çevre bilim merkezinde (Incline Village, Nev.A.B.D) yapılan Soğuk tavan uygulamasının toplam yıllık enerji harcamasına göre Geleneksel HVAC tesisatı ile karşılaştırılması [12]

Soğuk Tavan Sistem Kullanım Yerleri

Aşağıda belirtilen mekanlarda aktif soğuk tavan sisteminin kullanımı önerilmektedir.

- Bölünmüş ofis ve açık ofis mekanlarında
- Otel odalarında
- Hastanelerde
- Mağazalarda
- Bankalarda
- Laboratuvarlarda

Ancak, konferans salonları, toplantı odaları, sınıflar vb. yüksek havalandırma yüklerine gereksinim duyulan mekanlarda ise bu uygulamalar tavsiye edilmemektedir.

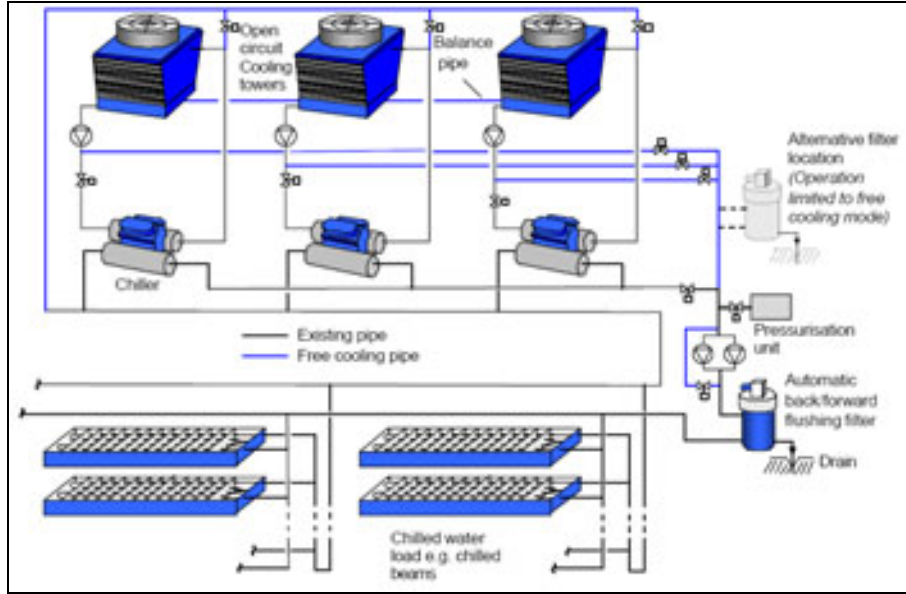
Soğuk Tavan Sistemi Çalışma Aralığı

Aktif Soğuk tavan sistemi, toplam duyulur soğutma gerekliliği 120 W/zemin-m²'nin altında olduğu yerlere uygulanabilir. Optimum çalışma aralığı 60-80 W/zemin-m²'dir. Pasif soğuk tavan sistemi ise toplam duyulur soğutma gerekliliği 40-80 W/zemin-m² olduğu yerlerde uygulanabilir. Yaz şartlarında hedeflenen iç ortam sıcaklığı 23-26°C'dir.

Serbest Soğutma ve Soğuk Tavan Sistemi

Soğuk tavan sisteminde yoğuşmadan kaçınma amaçlı olarak yüksek soğutma suyu sıcaklığı kullanır. Odayı soğutma amaçlı olarak bataryadan sirküle eden su sıcaklığı yaygın olarak 14-18 °C'dir. (Isıtma amaçlı olarak sirküle eden su sıcaklığı da 30-45°C'dir.) Yüksek soğutma suyu sıcaklığı sistemde daha düşük kapasiteli soğutma grubunun kullanılmasını sağlar. Bu durumda hem ilk yatırım hem de işletme maliyetleri azalır. [14]

Soğutmada 6/11°C yada 7/12°C çalışan sistemlere göre daha yüksek soğutma suyu değerleri ile çalışılmasından dolayı soğutma suyu için kullanılan Serbest Soğutma sistemleri soğuk tavan ünitelerinin bulunduğu yerlerde uygulanabilir.



Şekil 17. Soğuk Tavan (Chilled beam) sistemi ve açık devre soğutma kulesi Serbest Soğutma uygulaması[2]

Soğuk tavan sistemlerinde Serbest Soğutma uygulaması farklı yöntemler ile yapılabilmektedir:

- Kuru Soğutucu uygulaması
- Soğutma Kulesi uygulaması
- Yeraltı enerji depolama sistemleri uygulaması bu yöntemlerdendir.

Şekil 17.'de Soğuk Tavan (Chilled beam) sistemi ve açık devre soğutma kulesi Serbest Soğutma uygulaması görülmektedir. Buradaki uygulamada su kulesi kullanımı yerine Kuru soğutucular kullanmakta olasıdır. Soğuk tavan sistemlerinde Doğal Soğutma uygulamaları yapılması sisteme ek bir verimlilik sağlamaktadır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yukarıdaki bölümlerde çeşitli uygulama örnekleri de kullanılarak belirtildiği üzere Sulu Soğutma Uygulamaları için Serbest Soğutma Sistemleri ve giderek yaygınlaşan Chilled Beam (Soğuk Tavan) Sistemlerinin getirdiği verim hiçbir tereddüde yer bırakmayacak kadar açıktır.

Verimliliği arttırmak ve böylece birim maliyeti en düşük düzeye indirmek günümüzün rekabetçi ortamında en can alıcı noktadır. Tesisat sektörü içerisinde yer alan mühendislerin proje ve uygulamalarında yukarıda tanımlanan sistemlerin kullanımını yaygınlaştırması ile birlikte işletmelerimizde verimlilik artacak ve ülke olarak rekabet gücümüz yükselecektir. Bu sistemlerin aynı zamanda çevreci sistemler olduğu akıldan çıkartılmamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Handbook 2000 Systems And Equipment, Chapter 36, Chapter 38, ASHRAE, 2000
- [2] De Saulles, T., "BSRIA Guide: Free Cooling Systems", BSRIA, 2004
- [3] Aermec Firması Teknik Kataloğu (<http://www.aermec.com>)
- [4] ICS Firması Teknik Kataloğu (www.industrialcooling.co.uk)
- [5] Climaveneta Firması "Free Cooling" Teknik Broşürü (<http://www.climaveneta.it>)
- [6] Friterm A.Ş Teknik Dokümanları (<http://www.friterm.com>)
- [7] Climaveneta Firması FOCS-FC/NG Teknik Kataloğu (<http://www.climaveneta.it>)
- [8] Cansevdi B., Akdemir Ö., Güngör A., "Yıl Boyunca Soğutma Suyu Kullanılan Tesisler için Enerji Ekonomisi" Makalesi, VII. TESKON, 2005
- [9] Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü İstanbul İli Sıcaklık Ort. Raporu (<http://www.meteoroloji.gov.tr>)
- [10] TPC Firması Teknik Kataloğu (<http://www.totalprocesscooling.co.uk>)
- [11] REHVA Chilled Beam Application Guidebook, REHVA, 2004
- [12] Rumsey P., Weale J., "Chilled Beams in Labs" makalesi, ASHRAE Journal, Vol.49, Ocak 2006
- [13] Flaktwoods Firması Teknik Kataloğu (<http://www.flaktwoods.com>)
- [14] Özgür A.E., Üçgül İ., Selbaş R., "Radyant Soğutma Tesisatı" makalesi, IV. TESKON, 1999

ÖZGEÇMİŞ

Hasan ACÜL

Hasan ACÜL 1976 yılı Ayvalık doğumludur. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Üniversite mezuniyeti öncesi ve sonrasında Tesisat Sektörü içinde faaliyet gösteren iki farklı firmada çalışmıştır. Çalıştığı firmalarda şantiye, üretim, ihracat satış ve ar-ge bölümleri olmak üzere farklı departmanlarda mühendislik görevi yürütmüştür. Halen FRİTERM A.Ş firmasında Araştırma ve Geliştirme Bölüm Şefi olarak çalışmaktadır. Hasan Acül evli ve bir kız çocuk babasıdır.