

İZMİR İLİ İÇİN SERBEST SOĞUTMA POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Azmi AKTACİR
Hüsamettin BULUT

ÖZET

Havalı tip iklimlendirme sistemlerinin en büyük avantajlarından biri, serbest soğutma yapmaya uygun olmalarıdır. Serbest soğutma, dış havanın uygun koşullarında bir mahalın doğrudan dış hava ile soğutulması temeline dayanmaktadır. Bir bölgenin yerel iklim özelliklerine göre serbest soğutma potansiyeli farklıdır. Bu potansiyelin belirlenmesi için iklim verilerinin detaylı analizi gerekir. Bu çalışmada İzmir ilinin serbest soğutma potansiyeli belirlenmiştir. Serbest soğutma şartlarının tespitinde dış hava sıcaklığı ana parametre olarak ele alınmıştır. Bu amaçla ilk olarak İzmir ilinin 16 yıllık saatlik dış hava sıcaklıkları kullanılarak bin değerleri belirlenmiştir. İzmir ilinin serbest soğutma potansiyeli, sabit iç hava sıcaklığı ile saatlik dış havanın sıcaklığı arasındaki farka göre belirlenmiştir. İzmir ilinde tam havalı iklimlendirme sistemine sahip bir binada, soğutma sezonu boyunca serbest soğutma uygulaması durumundaki enerji analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, yapıların iklimlendirmesinde serbest soğutma uygulaması ihmal edilmeyecek bir konumda olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin büyük illerinden olan ve Ege bölgesinin genel iklim özelliklerini taşıyan İzmir'de serbest soğutma uygulamalarının yaygınlaştırılması ve mevcut potansiyelin kullanılması önemli oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır.

1. GİRİŞ

Havalı tip iklimlendirme sistemlerinin en büyük avantajlarından biri, serbest soğutma (free cooling) yapmaya uygun olmalarıdır. Uygun dış hava koşullarında iklimlendirilecek mahalın, doğrudan dış hava ile soğutulması serbest soğutma ya da ekonomizer çevrim olarak adlandırılır. Uygun dış hava koşulu, dış ortam havasının entalpi veya sıcaklığının, iç ortam havasının entalpisi veya sıcaklığından düşük olmasıdır.

Soğutma sisteminin serbest soğutma yapması durumunda, mekanik soğutmaya ihtiyaç duyulmaz, ortama sevk edilen dış havanın taşınması için sadece fanlar çalışır. Dolayısıyla sistemin enerji tüketimi minimum seviyededir. Serbest soğutma uygulaması için uygun olmayan dış hava koşullarında ise, sadece havalandırma için gerekli (minimum) miktarda dış hava kullanılarak mevcut soğutma grubu devreye alınır. Kuru iklime sahip bölgelerde ekonomizer çevrimli sistemler %15-80 oranında soğutma enerjisinde tasarruf potansiyeline sahiptir. Bu yüksek oranda tasarruf potansiyeli sistemin doğru seçimi, montajı, denemesi ve işletilmesiyle olanaklıdır [1].

Serbest soğutma potansiyeli, mekanik soğutmaya ihtiyaç duymadan, ısı konforu sağlayacak şekilde dış ortam şartlarının soğutma yükünü karşılamasının bir ölçüsüdür [2]. Serbest soğutma uygulamalarında dış hava şartları, sıcaklık kontrolü veya entalpi kontrolü yapılarak belirlenir [3, 4]. Dış sıcaklık kontrolü yönteminde, dış hava belirli bir sıcaklık değerine set edilir. Bu set değerinin üstündeki sıcaklıklarda, sistemin mekanik soğutma yapması sağlanır. Mekanik soğutma çalışmasında taze hava minimum oranda kullanılır. Set değerinin altındaki dış hava sıcaklık değerlerinde ise, sistemin maksimum oranda dış hava kullanmasına izin verilerek serbest soğutma yapması sağlanır. Sıcaklık kontrolü, entalpi kontrolüne göre daha basit olduğundan tercih edilmektedir. Entalpi kontrolü uygulamalarda çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır [3].

Serbest soğutma uygulamalarında doğrudan dış hava kullanıldığından iç hava kalitesi artmaktadır. Yüksek kalitede iç ortam havası, dünyanın birçok bölgesinde bürolarda rastlanan orta kalitede havaya göre, % 5-10 verimlilik artışı getirebilmektedir [5]. İşletmelerde genellikle ihmal edilen yıllık iş kaybı, çoğu zaman enerji, sermaye ve binanın işletme giderlerinden çok daha fazladır.

Serbest soğutma tek başına mekanik soğutma sistemlerine alternatif olmayıp, mekanik sistemi destekleyici ve tamamlayıcı bir sistem olarak düşünülmelidir [6]. Özellikle yüksek ısı kapasiteli dış yapı elemanlarından oluşturulan yapılarda, serbest soğutma ile mekanik soğutma sisteminin tasarım kapasitesi düşürülebilir. Bu yapılarda gün boyunca yapı elemanlarında depolanan ısı enerjisi, gece periyodunda serbest soğutma yapılarak uzaklaştırılır [7]. Gece soğutması uygulanan bir binada, yapı elemanlarının ısı kapasitesine bağlı olarak, binanın toplam soğutma yükünün %27-36 oranında azaltılabileceğini belirlenmiştir [8]. Benzer şekilde, İstanbul'da bir örnek ofis binasında doğal ve mekanik sistemin birlikte uygulandığı hibrit bir klima sisteminin simülasyon çalışmasında, mekanik havalandırma ve mekanik soğutma ünitelerinin çalışma sürelerinden sırasıyla %38 ve %47 oranlarında tasarruf edilebileceği gösterilmiştir [9]. Diğer bir çalışmada, İzmir, Ankara ve İstanbul şartlarında serbest soğutma yapan hava soğutmalı bir soğutma ünitesinin yıllık işletme giderlerinde yaklaşık olarak sırasıyla % 15, %30 ve %38 oranında tasarruf sağlandığı ifade edilmiştir [10].

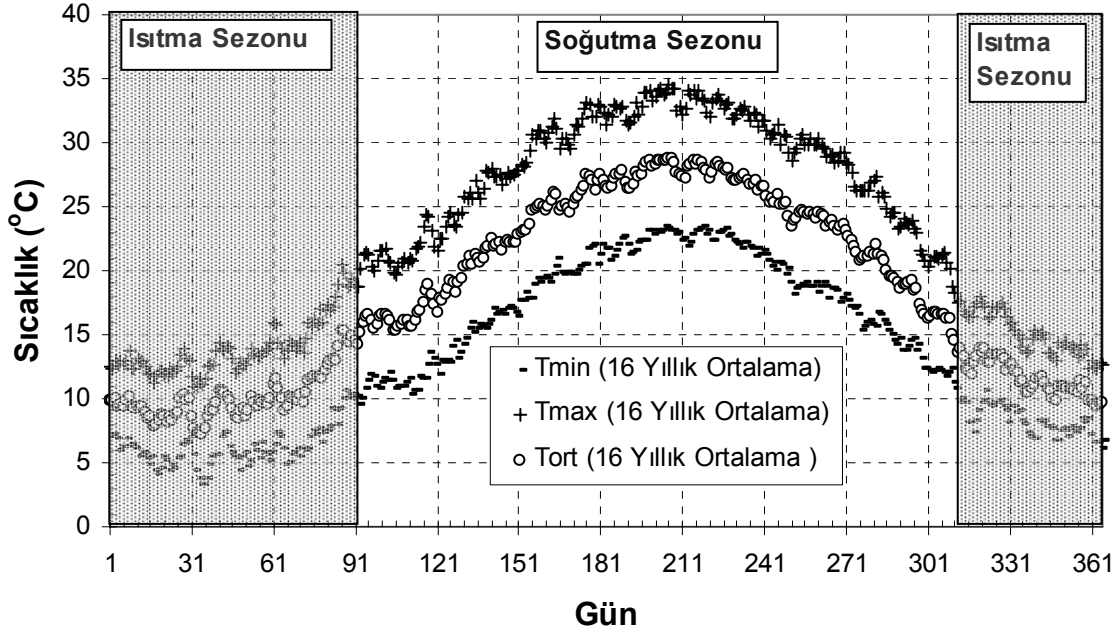
İklim özelliklerine göre bölgesel olarak serbest soğutma potansiyelinde farklılıklar görülür [11-16]. Bu potansiyelin belirlenmesi için iklim verilerinin detaylı analizi gerekir. İzmir ilinin serbest havalandırma potansiyelinin belirlenmesinde bin (sıcaklık aralığı) değerleri kullanılmıştır. Bin değerleri; bir sıcaklık aralığının, belli bir zaman periyodundaki görülme saatini gösterir [17, 18]. Bu çalışmada, İzmir'in 1983-1998 yılları arası 16 yıllık uzun dönem saatlik dış hava sıcaklık değerleri kullanılarak, sıcaklık aralığı (bin) değerleri 3 °C artışlarla ve günlük 4 saatlik periyotlar için tespit edilmiş bin değerleri kullanılmıştır. Tablo 1'de soğutma ihtiyacının olduğu aylar için bin değerleri verilmiştir. Tablo 1'den görüleceği gibi, Mayıs ayında 01:00-04:00 zaman periyodunda 15 °C/18 °C sıcaklık aralığı 47 saat görülmüş, Ağustos ayında ise 15 °C/18 °C sıcaklık aralığı hiçbir zaman periyodunda tespit edilmemiştir.

Uzun dönem günlük ortalama sıcaklıklarının yıllık değişimine göre İzmir ilinin soğutma sezonu tespit edilmiştir. Şekil 1'de İzmir ili için günlük minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinin yıl boyunca değişimi görülmektedir. Şekildeki değerler, 16 yıllık uzun dönem ortalamalardan elde edilmiştir. 15 °C ortalama dış sıcaklık değerine göre (ortalama maksimum sıcaklık 22 °C civarındadır), soğutma sezonu 1 Nisan'da (91. gün) başlamakta, 31 Ekim'de (305. gün) bitmektedir. Ortalama dış sıcaklık değerlerinin 15 °C ile 22 °C arasındaki olduğu dönem, soğutma yükünün bağıl olarak düşük olduğu geçiş dönemi kabul edilirse, Nisan, Mayıs, Eylül ve Ekim geçiş ayları olarak ele alınabilir.

Bu çalışmada, bin değerleri yardımıyla İzmir'in serbest soğutma potansiyeli çeşitli durumlar için incelenerek, bir uygulama yapılmıştır.

Tablo 1. İzmir ili bin değerleri (saat/ay)

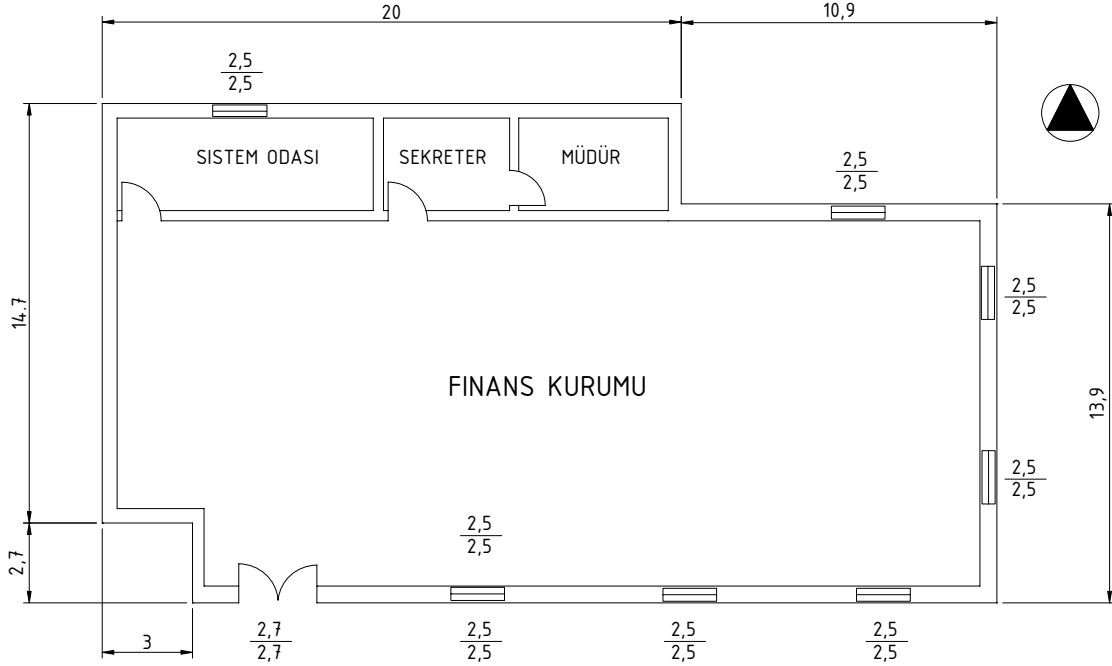
| Ay | Zaman Aralığı | Sıcaklık Aralıkları (°C) | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------|--------------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 3/6 | 6/9 | 9/12 | 12/15 | 15/18 | 18/21 | 21/24 | 24/27 | 27/30 | 30/33 | 33/36 | 36/39 | 39/42 |
| Nisan | 01-04 | 2 | 12 | 36 | 39 | 21 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05-08 | 2 | 13 | 32 | 38 | 24 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 09-12 | 0 | 1 | 8 | 22 | 32 | 33 | 16 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 13-16 | 0 | 1 | 4 | 13 | 21 | 30 | 30 | 14 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 17-20 | 0 | 2 | 9 | 24 | 33 | 31 | 15 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 21-24 | 1 | 5 | 23 | 39 | 34 | 13 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mayıs | 01-04 | 0 | 1 | 5 | 24 | 47 | 35 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05-08 | 0 | 1 | 4 | 21 | 40 | 36 | 18 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 09-12 | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | 23 | 36 | 34 | 14 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | 13-16 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 14 | 28 | 37 | 28 | 8 | 2 | 0 | 0 |
| | 17-20 | 0 | 0 | 0 | 3 | 14 | 29 | 39 | 27 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 21-24 | 0 | 0 | 1 | 12 | 33 | 42 | 28 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Haziran | 01-04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 45 | 46 | 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05-08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 32 | 48 | 28 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 09-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 10 | 37 | 44 | 22 | 5 | 0 | 0 |
| | 13-16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 18 | 42 | 37 | 16 | 2 | 0 |
| | 17-20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 15 | 42 | 39 | 17 | 4 | 0 | 0 |
| | 21-24 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 15 | 46 | 43 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Temmuz | 01-04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 47 | 58 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 05-08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 46 | 55 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 09-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 14 | 49 | 44 | 13 | 2 | 0 |
| | 13-16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 21 | 53 | 36 | 8 | 2 |
| | 17-20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 16 | 47 | 44 | 12 | 2 | 0 |
| | 21-24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 14 | 54 | 45 | 8 | 1 | 0 | 0 |
| Ağustos | 01-04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 54 | 52 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 05-08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 53 | 49 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 09-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 23 | 53 | 36 | 10 | 1 | 0 |
| | 13-16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 29 | 55 | 28 | 7 | 1 |
| | 17-20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 24 | 53 | 35 | 8 | 1 | 0 |
| | 21-24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 20 | 58 | 39 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| Eylül | 01-04 | 0 | 0 | 0 | 1 | 19 | 49 | 41 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05-08 | 0 | 0 | 0 | 2 | 22 | 48 | 37 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 09-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 27 | 45 | 31 | 9 | 1 | 0 | 0 |
| | 13-16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 33 | 43 | 29 | 6 | 0 | 0 |
| | 17-20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 32 | 48 | 23 | 6 | 1 | 0 | 0 |
| | 21-24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 28 | 53 | 28 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ekim | 01-04 | 0 | 2 | 13 | 28 | 46 | 25 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05-08 | 0 | 3 | 14 | 33 | 42 | 24 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 09-12 | 0 | 0 | 2 | 8 | 21 | 37 | 33 | 16 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 13-16 | 0 | 0 | 1 | 4 | 11 | 23 | 38 | 29 | 13 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | 17-20 | 0 | 0 | 2 | 12 | 24 | 43 | 30 | 10 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 21-24 | 0 | 0 | 8 | 19 | 43 | 39 | 12 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Şekil 1. İzmir ilinin uzun dönem minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklarının yıl boyunca değişimi

2. ÖRNEK UYGULAMA VE SİSTEM TASARIMI

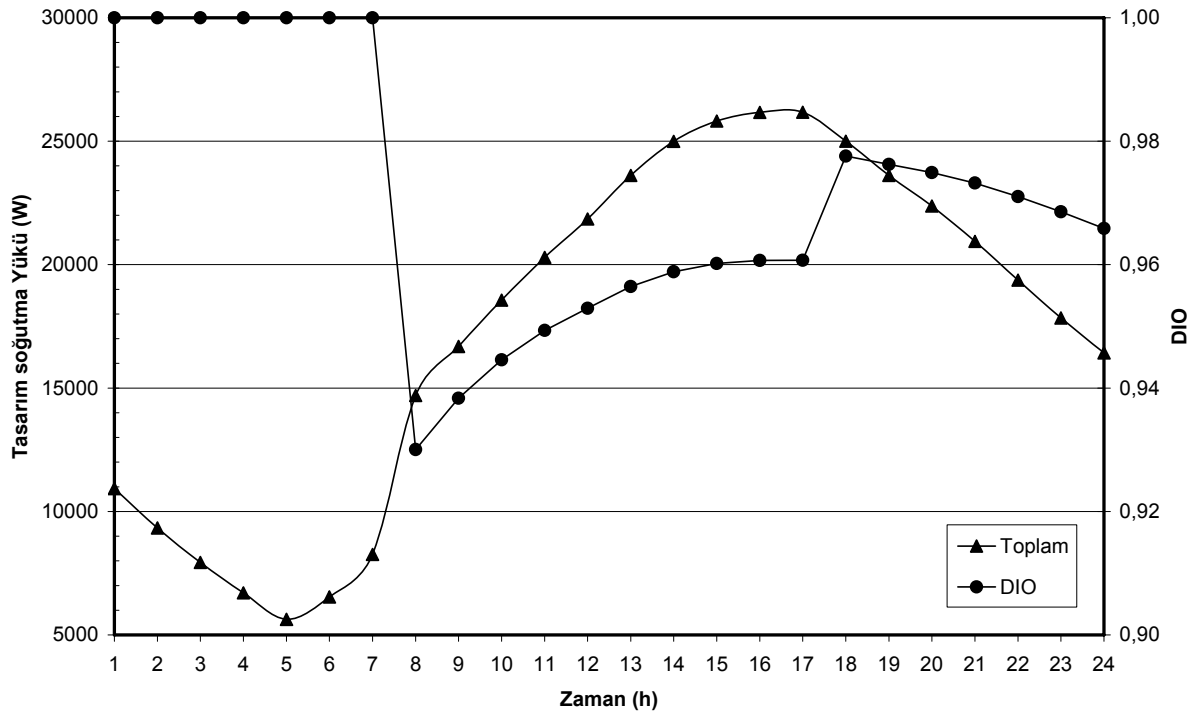
Örnek uygulama için İzmir ilinde Şekil 2'de kat planı verilen bir finans kurumu seçilmiştir. Binada 9:00-21:00 çalışma saatlerinde 12 personelin çalıştığı ve 9:00-12:00 ve 13:00-17:00 saatleri arası ortalama olarak 10 kişinin işlem yaptırdığı kabul edilmiştir.



Şekil 2. Örnek binanın kat planı

Binanın aydınlatma enerjisi 4160 W ve kullanım oranı 0.7'dir. Kullanılan cihazlarından (bilgisayar, yazıcı, fotokopi ve fax) olan toplam ısı kazancı 2380 W ve kullanım oranı 0.8'dir. Binanın iç konfor şartları, 24 °C kuru termometre sıcaklığı ve %50 bağıl nem'dir. İzmir ilinin yaz tasarım değerleri olarak; kuru termometre sıcaklığı 37 °C, Yaş Termometre sıcaklığı 24 °C, özgül nem 13.5 g/kg ve günlük sıcaklık farkı 12.8 °C alınmıştır [19]. Binanın dış duvarlarının toplam ısı transfer katsayısı 0.5 W/m²K, tavanlarının 0.3 W/m²K, kapı ve pencerelerinin ise 2.8 W/m²K'dir.

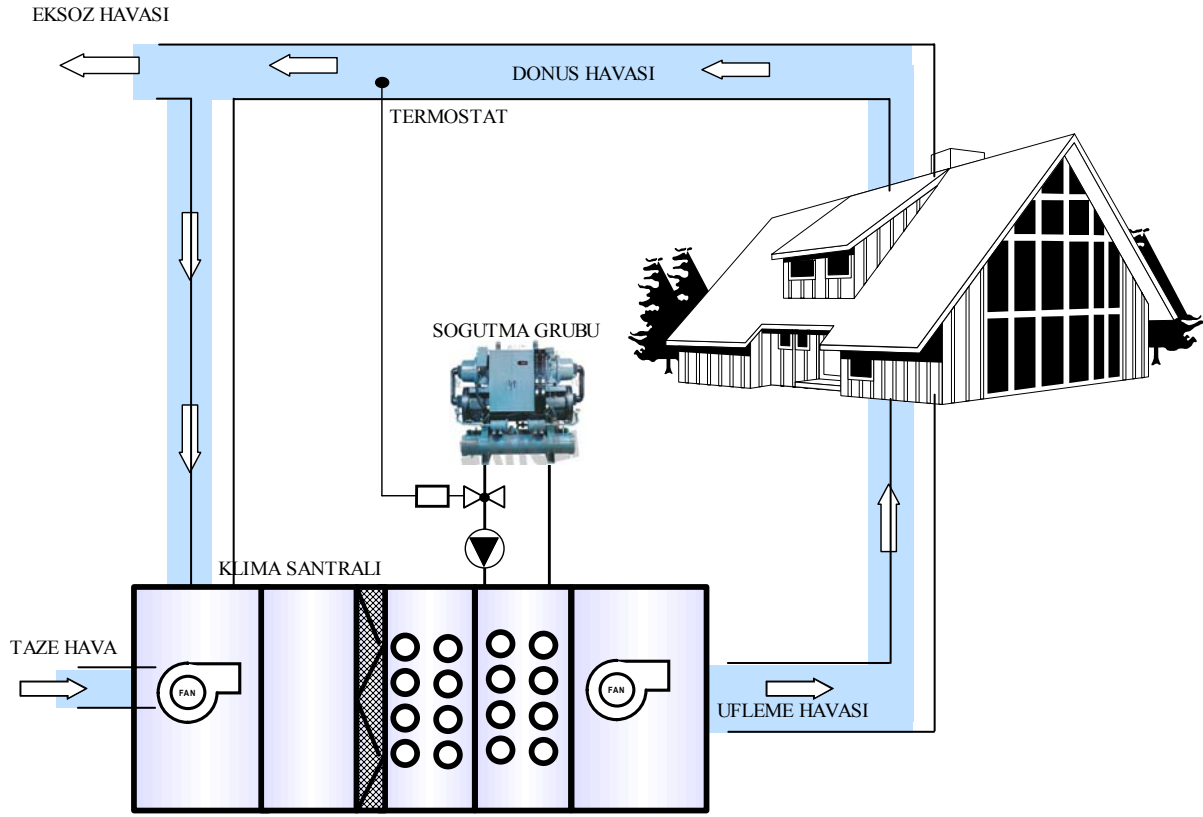
Bina soğutma yükü RTS hesap yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır [17, 20]. Bina tasarım soğutma yükü 21 Temmuz'a göre hesaplanarak Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi binanın en yüksek tasarım soğutma yükü saat 17:00'da görülmüştür. Bu durumda toplam soğutma yükü 26.18 kW ve duyulur ısı oranı (DIO) ise 0.96'dir.



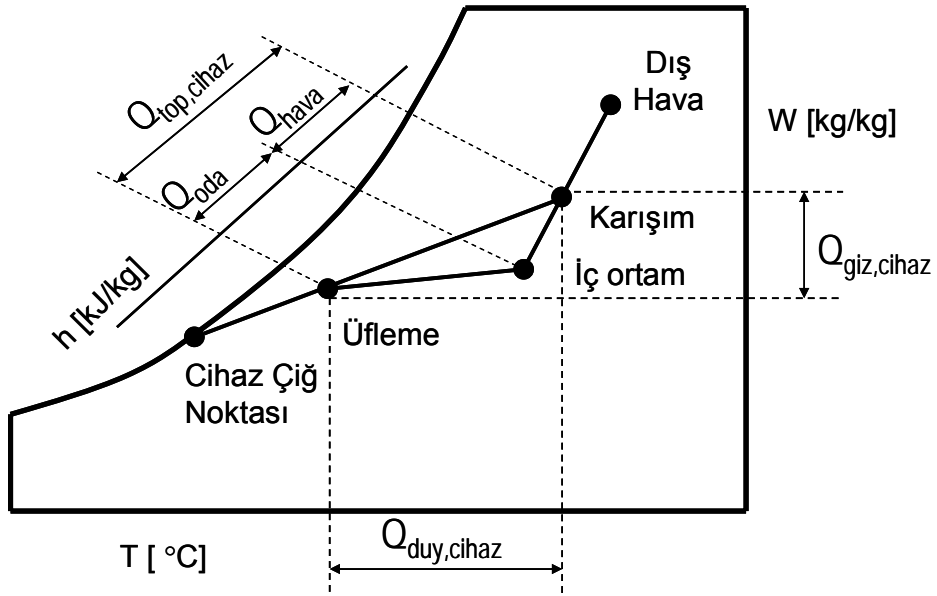
Şekil 3. Bina tasarım soğutma yükünün değişimi

Örnek bina, Şekil 4'te şematik olarak gösterilen havalı tip iklimlendirme sistemi ile iklimlendirilmiştir. İklimlendirme sisteminin karışım odasında, havalandırma için gerekli taze hava ile dönüş havası karıştırılarak soğutma serpantinine gönderilmektedir. Burada bina soğutma yükünü karşılayacak şekilde minimum 15°C sıcaklığa kadar soğutulmuş, sabit hava debisinde mahale gönderilmektedir. Bu işlem, Şekil 5'te verilen psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. ASHRAE'nin havalandırma ile ilgili standardında bürolar için kişi başına taze hava miktarı 28 m³/h olarak önerilmektedir [21]. Bu standarda uygun olarak, binanın toplam taze hava miktarı 616 m³/h olarak belirlenmiştir.

Yukarıda verilen tasarım şartlarına göre iklimlendirme sisteminin psikrometrik analizi yapılarak sistemin tasarım değerleri bulunmuştur. Soğutma grubunun tasarım kapasitesi 30.77 kW ve toplam hava debisi 9895 m³/h olarak belirlenmiştir. Tasarım kapasitesine uygun olarak 37 °C nominal çalışma şartlarında, soğutma kapasitesi 30.80 kW, etkinlik katsayısı (COP) 2.39 ve enerji tüketimi 12.9 kW olan hava soğutmalı soğutma grubu seçilmiştir. Klima santralinde emme ve basma fanlarının toplam motor gücü (3+4 kW) 7 kW ve hava dağıtımı sabit debide olmaktadır.



Şekil 4. Havalı tip iklimlendirme sisteminin çalışma prensibi



Şekil 5. Havalı tip iklimlendirme sistemi soğutma işleminin psikrometrik diyagramda gösterilmesi

3. İKLİMLENDİRME SİSTEMİNİN SİMULASYONU

Ekonomizer çevrimin kullanıldığı iklimlendirme sistemlerinde, dış havanın uygun değerlerinde ortamın konfor şartlarının sağlanması için ortamdan uzaklaştırılması gereken yükün tamamı (**serbest soğutma**) veya bir bölümü (**kısmi serbest soğutma**) karşılanabilir.

Dış hava kontrollü ekonomizer çevriminde, ilk olarak dış hava sıcaklığı belirlenir. Sonra dış hava sıcaklığı, serbest soğutma için belirlenen set değeri ile karşılaştırılarak sistemin mekanik soğutma, serbest soğutma veya kısmi serbest soğutma yapmasına izin verilir.

Serbest soğutma uygulamalarında sıcaklık set değeri, oda sıcaklığı ile üfleme sıcaklığı arasında seçilmesi uygundur [15, 16].

- Eğer set değeri üfleme sıcaklığına eşit olarak seçilirse, iklimlendirme sistemi, dış havanın üfleme sıcaklığına eşit ve küçük değerlerinde serbest soğutma, büyük değerlerde ise **mekanik soğutma** modunda çalışır.
- Eğer set değeri üfleme sıcaklığından büyük seçilirse, iklimlendirme sistemi, dış havanın üfleme sıcaklığına eşit ve küçük değerlerinde **serbest soğutma**, oda sıcaklık değerinden büyük değerlerde mekanik soğutma, üfleme sıcaklığından büyük ve oda sıcaklığından küçük sıcaklıklarda ise **kısmi serbest soğutma** modunda çalışır.

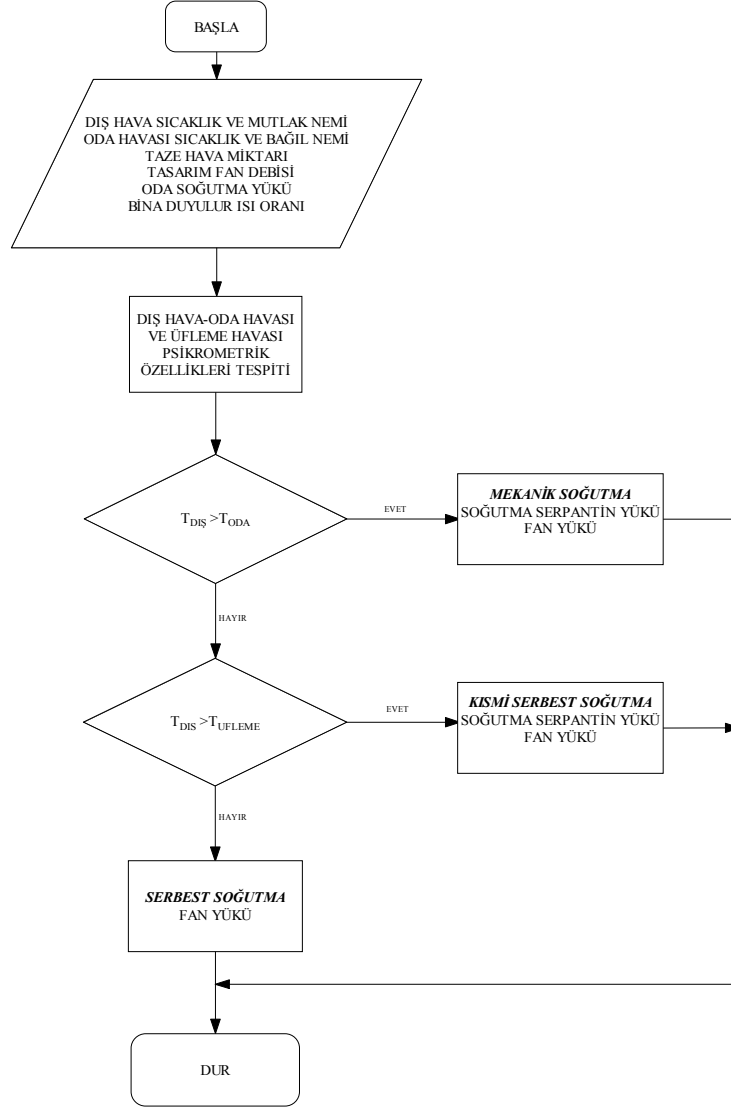
İklimlendirme sistemi mekanik soğutma çalışma modunda iken, havalandırma için gerekli taze hava (minimum dış hava) ile dönüş havasından elde edilen karışım havası soğutma serpantininden geçirilerek mahalın ısı konforu sağlanır. İklimlendirme sistemi soğutma grubu ve fanları çalışır durumdadır.

Serbest soğutma modunda iken, klima santraline maksimum miktarda alınan dış hava, doğrudan mahale gönderilerek ısı konfor sağlanır. İklimlendirme sistemi soğutma grubu devre dışıdır ve sadece fanlar çalışır durumdadır.

Kısmi serbest soğutma modunda ise, klima santraline maksimum oranda alınan dış hava, soğutma serpantininde üfleme sıcaklığına düşürülerek mahale gönderilir. Böylece oda soğutma yükü karşılanarak ısı konfor sağlanır. İklimlendirme sisteminin soğutma grubu ve fanları çalışır durumdadır. Ancak bu durumda, serpantin yükü mekanik soğutma çalışma durumuna göre daha az olduğundan sistemin enerji tüketimi de azalmaktadır.

Bu çalışmada, iklimlendirme sisteminin sıcaklık set değeri üfleme sıcaklığına eşit olduğu (15 °C), ve yüksek olduğu (18°C ve 21 °C) durumlar için, serbest soğutma potansiyelleri tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile $T_{dış} \leq 15 \text{ °C}$, $T_{dış} \leq 18 \text{ °C}$ ve $T_{dış} \leq 21 \text{ °C}$ şartları incelenmiştir.

Şekil 6'da, bu çalışmada dikkate alınan dış hava sıcaklık kontrollü ekonomizer çevriminin akış diyagramı gösterilmiştir. Bu akış diyagramına uygun olarak hazırlanan bilgisayar programı ile iklimlendirme sisteminin çalışması simule edilmiştir. Simülasyon için gerekli olan dış veriler, dış hava sıcaklık ve mutlak nemi, oda havası sıcaklık ve bağıl nemi, sistemin saatlik taze hava miktarı ve maksimum hava debisi, oda soğutma yükü ve bina duyulur ısı oranıdır. Her bin sayısına uygun olarak aylara göre dış hava sıcaklıkları alınmıştır. Dış hava mutlak nemi, uzun dönem aylık ortalama değerlerden tespit edilmiştir. Oda sıcaklığı 24 °C sabit sıcaklıkta ve %50 bağıl nemdedir. Üfleme sıcaklığı 15 °C'dir. Binanın toplam taze hava miktarı 616 m³/h ve maksimum fan debisi 9895 m³/h'tir. Her bin aralığı için oda soğutma yükü RTS yöntemine göre hesaplanmıştır. Sistemin psikrometrik analizi yapılarak, her bin sayısı için sistemde kullanılan temiz hava miktarından kaynaklanan yük oda soğutma yüküne ilave edilerek soğutma serpantini yükü bulunmuştur. Bulunan bu soğutma yükü altında soğutma ünitesi ve fanların enerji tüketimleri belirlenmiştir. Soğutma ünitesinin her bin sayısı için COP değerleri yerel üreticiden sağlanmıştır.

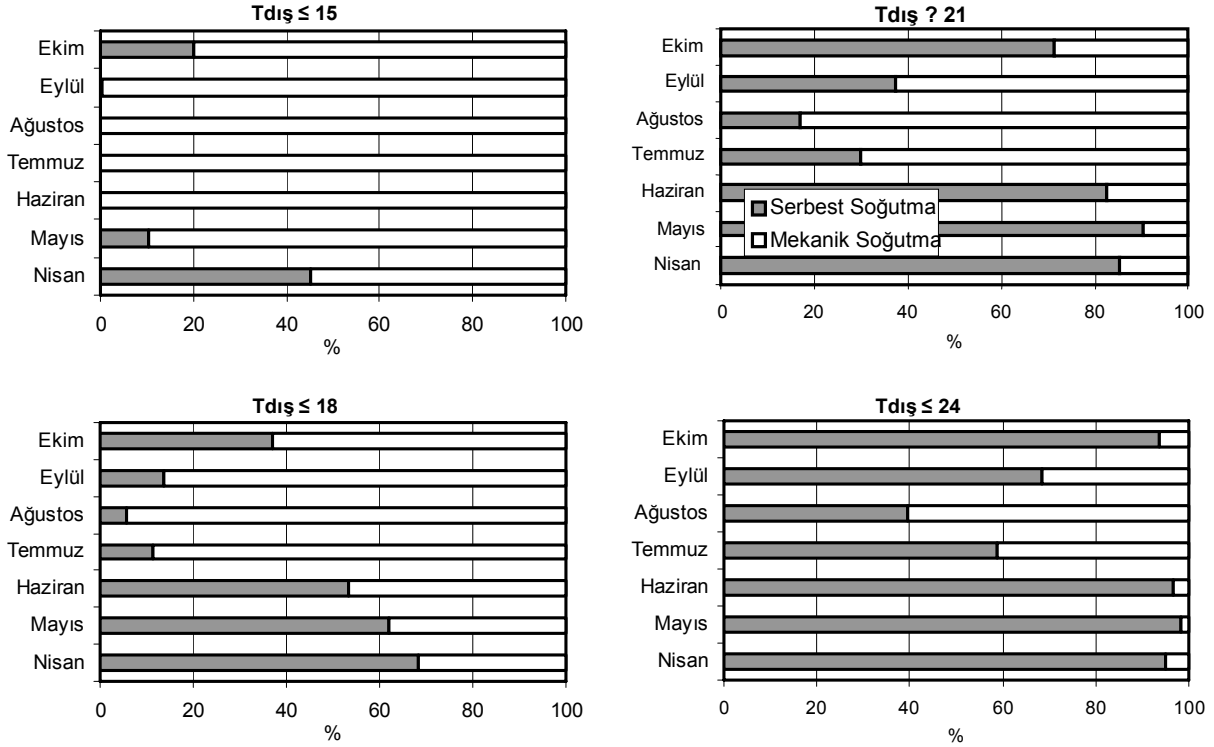


Şekil 6. Dış hava sıcaklık kontrollü ekonomizer çevrimi akış diyagramı

4. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Şekil 7'de İzmir ilinin soğutma sezonu boyunca, dış hava sıcaklığının ($T_{dış}$) $\leq 15^\circ\text{C}$, 18°C , 21°C ve 24°C şartları için aylık serbest soğutma potansiyelleri gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi, genel olarak Nisan, Mayıs, Eylül ve Ekim gibi geçiş dönemlerindeki aylarda serbest soğutma potansiyeli yüksek olmakta ve $T_{dış}$ 'in artmasıyla potansiyel daha da artmaktadır. Haziran, Temmuz ve Ağustos gibi yaz aylarında ise serbest soğutma potansiyeli düşmektedir. Ağustos en düşük serbest soğutma potansiyeline sahip ay olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 8'de günlük zaman dilimlerinde serbest soğutma potansiyelinin değişimi geçiş aylarından Nisan ve Ekim ayları için gösterilmiştir. Şekillerden serbest soğutma potansiyelinin gündüz (09:00-12:00 ve 13:00-16:00), özellikle öğle saatlerinde en düşük değerlerde olduğu gözlenmektedir. Gün içerisindeki sıcaklık değişimi göz önüne alındığında bu durum beklenebilir. Gece periyotlarında (17:00-20:00, 21:00-24:00, 01:00-04:00 ve 05:00-08:00) gözlenen serbest soğutma potansiyelleri, gündüz periyotuna göre oldukça artmaktadır. Dolayısıyla mesai saatleri dışında (gece periyodunda) gece soğutması uygulaması ile binada oluşan soğutma yükleri düşürülerek iklimlendirme sistemi tasarım kapasiteleri ve işletme giderlerinde tasarruf sağlanabilir. $T_{dış}$ 'in artması ile serbest soğutma potansiyelinde dikkate değer artışlar gözlenmektedir. Nisan ayında $T_{dış} \leq 21^\circ\text{C}$ için gözlenen serbest havalandırma potansiyeli, gündüz periyodu hariç (13:00-16:00) %80'in üzerindedir.

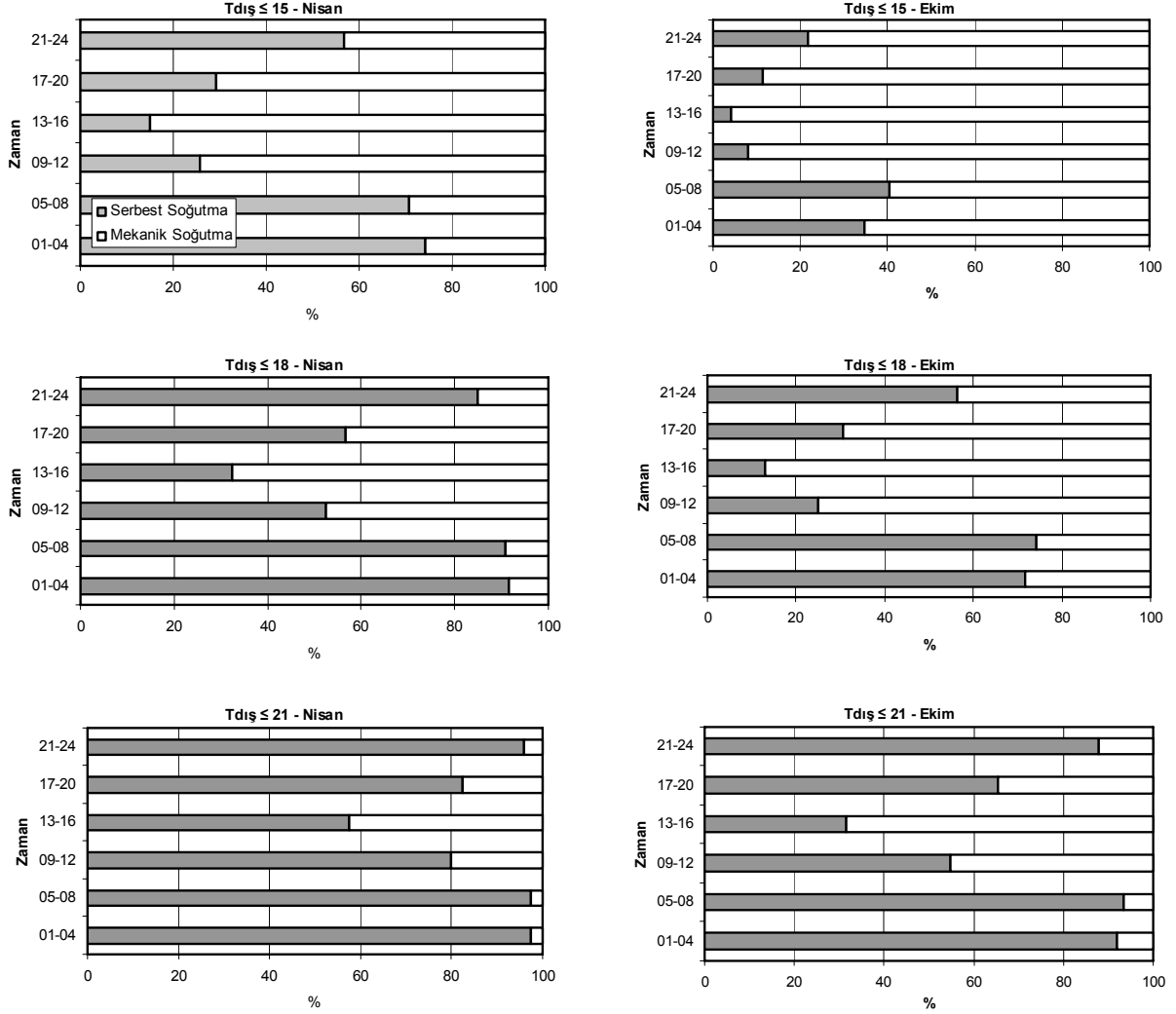


Şekil 7. İzmir ilinin $T_{dış} \leq 15^\circ\text{C}$, 18°C 21°C ve 24°C şartları için aylık serbest soğutma potansiyelleri

Yukarıda verilen serbest soğutma potansiyellerinin havalı tip bir iklimlendirme cihazında enerji tüketimi ve işletme maliyetine etkisi belirlenmiştir. Serbest soğutma durumunun tespiti için dış hava sıcaklığı kontrolü yapılmıştır. Sıcaklık kontrolü için $T_{dış} \leq 15^\circ\text{C}$, 18°C , ve 21°C durumları incelenmiştir. Binanın iklimlendirmesi mesai saatleri (9:00-21:00) içinde yapılmaktadır. Günün kalan saatlerinde sistem kapatılmaktadır.

Tablo 2'de iklimlendirme sisteminin fan ve soğutma grubunun toplam enerji tüketimleri verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi iklimlendirme sisteminde enerji tasarrufu Nisan ve Ekim aylarında en yüksek, Haziran, Temmuz Ağustos ve Eylül aylarında ise en düşük olmuştur. 15°C 'lik set değerinde sadece Nisan ayında (%13) kayda değer bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Set değeri 21°C 'ye arttırıldığında Nisan (%42), Mayıs (%16) ve Ekim (%29) aylarında önemli derecede enerji tasarrufu elde edilebilir. Soğutma sezonunda 21°C için toplam % 13 oranında enerji tasarrufu elde edilmiştir. 18 ve 21°C set değerlerinde iklimlendirme sisteminin mekanik soğutma modunda çalışma süresi 15°C 'ye göre azalmakta ve sistem daha fazla kısmi serbest soğutma modunda çalışmaktadır.

Örneğin günlük olarak 9:00-21:00 zaman periyodunda çalışan iklimlendirme sisteminin, Nisan ayı toplam çalışma süresi 360 saattir. 15 °C set değerinde, bu çalışma süresinin 84 saatinde serbest soğutma yapmakta, kalan sürede mekanik soğutma yapmaktadır. 18 °C set değerinde, iklimlendirme sistemi 84 saat serbest soğutma, 86 saat kısmi serbest soğutma ve 190 saat mekanik soğutma yapmaktadır. Set değeri 21 °C'ye yükseltildiğinde, çalışma süreleri serbest soğutma için 84 saat, kısmi serbest soğutma için 180 saat ve mekanik soğutma için 96 saat olmaktadır. İzmir ilinin serbest soğutma potansiyeli geçiş dönemlerinde kullanılarak önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilir.



Şekil 8. Nisan ve Ekim aylarına ait $T_{dış} \leq 15^{\circ}\text{C}$, 18°C ve 21°C için serbest soğutma potansiyelleri

Tablo 2. Çeşitli çalışma durumları için iklimlendirme sisteminin aylık enerji tüketimi

| Aylar | Mekanik Soğutma (kWh) | Ekonomizer Çevrim (kWh) | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | T _{dış} ≤ 15 | T _{dış} ≤ 18 | T _{dış} ≤ 21 |
| Nisan | 6086 | 5307 | 4477 | 3538 |
| Mayıs | 6432 | 6367 | 6068 | 5408 |
| Haziran | 6339 | 6329 | 6281 | 6001 |
| Temmuz | 6535 | 6535 | 6535 | 6485 |
| Ağustos | 6623 | 6623 | 6623 | 6623 |
| Eylül | 6297 | 6297 | 6297 | 6117 |
| Ekim | 6268 | 6043 | 5502 | 4473 |
| Soğutma Sezonu | 44579 | 43501 | 41783 | 38646 |

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı dış hava sıcaklık değerlerinde havalı tip bir iklimlendirme sistemleri için İzmir ilinin serbest soğutma potansiyeli araştırılmıştır. İklimlendirilen örnek bina için sistem tasarımı yapılarak sistemin serbest soğutma yapması durumunda elde edilecek enerji tasarrufu miktarı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; İzmir ilinin aylık serbest soğutma potansiyeli aylara göre değişmekte olup, bu potansiyel geçiş aylarında yüksek, yaz aylarında düşük olmaktadır. Dış hava sıcaklık set değerinin (T_{dış}) artması ile serbest soğutma potansiyelinde dikkate değer artışlar gözlenmektedir.

Örnek uygulama için 09:00-21:00 saatleri arasında çalıştırılan iklimlendirme sisteminde, enerji tasarrufu en fazla Nisan (%42) ve Ekim (%29) aylarında görülmüştür. Haziran, Temmuz Ağustos ve Eylül aylarında dikkate değer bir enerji tasarrufu elde edilmemiştir.

Yüksek iç ısı yüklerine sahip binalarda ve uzun işletme rejimli sistemlerde serbest soğutma uygulaması ile enerji tasarrufu yapılabilir. Özellikle ticari binalarda mesai saatleri dışında gece soğutması yapılması, bina soğutma yükünü azaltıcı bir etki yapacağı açıktır. Bu durum binanın iklimlendirme sistemi için, gerek ilk yatırım gerekse işletme giderlerinde pozitif yönde önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak, enerji kaynaklarının etkin olarak kullanılması için, yapıların iklimlendirme çalışmalarında serbest soğutma sistemleri ihmal edilmeyecek bir konumdur. Türkiye'nin büyük illerinden olan ve Ege bölgesinin genel iklim özelliklerini taşıyan İzmir'de serbest soğutma uygulamalarının yaygınlaştırılması ve mevcut potansiyelin kullanılması önemli oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Ayrıca bu tip sistemlerin uygulamaya geçirilmesiyle, enerji tüketiminin düşmesinden dolayı küresel ısınmayı tetikleyen sera gazı emisyonlarını azaltacağından çevreye olumlu katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] GÜNGÖR, A., GÜNGÖR, S., Havalı iklimlendirme sistemlerinde ekonomizer çevrimi, İKLİM 2005-Ulusal İklimlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 55-66, 2005.
- [2] GHIAUS, C., ALLARD, F., Potential for free-cooling by ventilation, Solar Energy, 80(4), 402-413, 2006.
- [3] KREIDER, J.F., RABL, A., "Heating and Cooling of Buildings", McGraw-Hill Inc., New York, 1994.
- [4] ISISAN, "Enerji Ekonomisi", Isısan Çalışmaları No:351, İstanbul, 2005.
- [5] FANGER, P.O., How to make indoor air quality one hundred times better while saving energy, VI. International HVAC+R Technology Symposium, İstanbul, 2004.
- [6] OLSEN, E.L., QINYAN, Y.C., Energy consumption and comfort analysis for different low-energy cooling systems in a mild climate, Energy and Buildings, 35, 561-571, 2003.
- [7] KOLOKOTRONI, M., ARONIS A., Cooling-energy reduction in air-conditioned offices by using night ventilation, Applied Energy, 63, 241-253, 1999.
- [8] BALARAS, C.A., The role of thermal mass on the cooling load of buildings: an overview of computational methods, Energy and Buildings, 24, 1-10. 1996.
- [9] ARISOY, A., ÇİLEK, G., Doğal havalandırma yapabilen örnek bir ofis binasında klima sistem tasarımı, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 96, 5-10, 2006.
- [10] CANSEVDİ, B., AKDEMİR, Ö., GÜNGÖR, A., Yıl boyunca soğutma suyu kullanan tesisler için enerji ekonomisi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 96, 73-80, 2006.
- [11] GEROS, V., SANTAMOURIS, M., KARATASOU S., TSANGRASSOULIS, A., PAPANIKOLAOU, N., On the Cooling potential of night ventilation techniques in the urban environment, Energy and Buildings, 37, 243-257, 2005.
- [12] GEROS V., SANTAMOURIS M., TSANGRASOULIS A., GUARRACINO G., Experimental evaluation of night ventilation phenomena, Energy and Buildings, 29, 141-154, 1999.
- [13] BUDAIWI, I.M., Energy performance of the economizer cycle under three climatic conditions in Saudi Arabia, International Journal of Ambient Energy, 22(2), 83-94, 2001.
- [14] PFAFFEROTT, J., HERKEL S., JÄSCHKE M., Design of passive cooling by night ventilation: evaluation of a parametric model and building simulation with measurements, Energy and Buildings, 35, 1129-1143, 2003.
- [15] AKTACİR, M.A., Türkiye'nin Farklı iklim Bölgelerinde Tam Havalı İklimlendirme Sistemlerinin Serbest Soğutma Potansiyelleri, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 99, 66-74, 2007.
- [16] AKTACİR, M.A., BULUT, H., Kayseri ilinin serbest soğutma potansiyelinin incelenmesi", ULIBTK'07-16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, Kayseri, 2007.
- [17] ASHRAE, "ASHRAE Fundamental-Handbook", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2001.
- [18] BULUT, H., BÜYÜKALACA, O., YILMAZ T., Bin weather data for Turkey, Applied Energy, 70, 135-155, 2001.
- [19] URALCAN İ.Y., "Klima Tesisatı", MMO/2002/296/2, Ankara, 2002.
- [20] SPITLER J.D., FISHER D.E., PEDERSEN C.O., The radiant time series cooling load calculation procedure, ASHRAE Transactions, 103(2), 503-515, 1997.
- [21] ANSI/ASHRAE Standard 62. "Ventilation for Acceptable Air-quality", Atlanta (GA): American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc; 1989.

ÖZGEÇMİŞLER

Mehmet Azmi AKTACİR

1973 tarihinde Şanlıurfa'da doğdu. 1993 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünün de Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1995'te Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamlayarak, Makina Yüksek Mühendisi unvanını aldı. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora öğrenimi tamamladı. 2000-2005 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2007 yılında Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ABD'na Yrd. Doç. olarak atandı. İklimlendirme sistemi uygulamaları, kurutma uygulamaları ve yapıların enerji analizi başlıca çalışma alanlarıdır. TTMD ve MMO üyesidir.

Hüsamettin BULUT

1971 yılında Halilan-Mardin'da doğdu. 1993 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalında 1996 yılında Yüksek Lisansını, 2001 yılında Doktorasını tamamladı. 1993-1998 yılları arasında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde, 1998-2001 yılları arasında ise Çukurova Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2003 yılında Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümüne Yrd. Doç. olarak atandı. 2005 yılında Makina Mühendisliğinde Enerji Bilim Dalında Doçent oldu. Halen Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanlığı ve Makina Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcılığı görevlerini sürdürmektedir. Çalışma alanları ısıtma ve soğutma sistemleri için iklim verileri ve enerji analizi, ısıtma-soğutma ve güneş enerjisi sistemleri uygulamalarıdır. TTMD ve MMO üyesidir.