

Türkiye'nin Farklı İklim Bölgelerinde Tam Havalı İklimlendirme Sistemlerinin Serbest Soğutma Potansiyelleri

Mehmet Azmi AKTACİR*

Özet

Serbest soğutma, uygun dış hava koşullarında bir mahallin doğrudan dış hava ile soğulması temeline dayanmaktadır. Bir bölgenin yerel iklim özelliklerine bağlı olarak serbest soğutma potansiyelinde farklılıklar görülmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinden seçilen İstanbul, Ankara, İzmir, Diyarbakır, Erzurum, Samsun ve Adana illerinin serbest soğutma potansiyelleri belirlenmiştir. Analizde, illerin BIN sayıları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçları göre; Adana ilinin soğutma potansiyeli, nisan, mayıs ve ekim gibi geçiş aylarında yüksek, temmuz ve ağustos gibi yaz aylarında ise hemen hemen hiç gözlenmemiştir. Türkiye'ye göre ekstrem dış hava şartların görüldüğü illerin (Diyarbakır ve Erzurum) serbest soğutma potansiyelleri, hesaplanan diğer illere göre daha düşüktür. En yüksek potansiyel, Samsun ilinde belirlenmiştir. Adana ilindeki bir iş merkezinin mekanik soğutma sisteminde serbest soğutma yapılması durumunda, işletme giderlerinde mayıs ayında %31, ekim ayında %28 oranında tasarruf sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Serbest soğutma, yapıların enerji tasarrufu, BIN sayısı.

1. GİRİŞ

Teknoloji ve sanayinin hızla gelişmesine paralel olarak enerjiye olan talep katlanarak artmaktadır. Enerji kaynaklarının sınırlı olması ve maliyetlerinin giderek yükselmesi ile birlikte çevresel faktörler, enerji kaynaklarının etkin olarak kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Yapılarda ısı konforun sağlanması için harcanan enerjinin sınırlandırılması, enerji tasarrufu çalışmalarında önemli bir yer almaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için sunulan yöntemlerden biride, tam havalı

iklimlendirme sistemlerinde uygulanan ("free cooling") serbest soğutmadır. Serbest soğutma, bir mahallin doğrudan dış hava ile soğulması temeline dayanmaktadır. Ancak serbest soğutma tek başına mekanik soğutma sistemlerine alternatif bir sistem olmayıp, hibrit sistemlerin bir parçası olarak düşünülmektedir [1]. Bu uygulamalarda doğrudan dış hava kullanıldığından iç hava kalitesi artmaktadır. Bunun sonucunda iş gücünde dikkate değer artışlar gözlenir. Yüksek kalitede iç ortam havası, dünyanın bir çok bölgesinde bürolarda rastlanan orta kalitede havaya göre, %5-10 üretkenlik artışı getirebilmektedir.

* Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü.

[2]. Orta kalitedeki havanın neden olduğu bu şiddet-
teki bir yıllık iş kaybı, çoğu zaman enerji, sermaye ve
binanın işletme giderlerinden çok daha fazladır.

Sistem tasarımını doğrudan etkileyen bina soğutma
yükünün düşük olması, mekanik soğutma sistem ka-
pasitesini düşürür. Bunun sonucu olarak, mekanik
iklimlendirme sisteminin ilk yatırım maliyeti ile bir-
likte işletme ve bakım giderlerinde önemli avantajlar
sağlanır. Bu avantajdan faydalanmak için yapılarda
yüksek ısı kapasiteli dış yapı elemanlarının (duvar)
kullanımı artmaktadır. Geleneksel mimari özelliklere
sahip yapılarda yüksek yoğunluklu yapı elemanlarına
sıkça rastlanmaktadır [3, 4]. Bu özelliğe sahip bina-
larda gün boyunca ısı enerjisi yapı elemanında depo-
lanarak, mahallin ısı kazancı düşürülür. Gece periyo-
dunda ise serbest soğutma yapılar yapı elemanında
depolanan ısı enerjisi uzaklaştırılır [5, 6]. Balaras [7]
bir çalışmada, gece soğutması uygulanan bir bina-
da, yapı elemanlarının ısı kapasitesine bağlı olarak,
binanın toplam soğutma yükünün %27-36 oranında
azaltılabileceğini belirlemiştir.

Serbest soğutma sisteminde, yerel iklim özellikleri
[8] ve binanın konumu, şekli ve dış kabuk yapısı gi-
bi binanın teknik özellikleri önemli parametrelerdir.
İklim özelliklerine göre bölgesel olarak serbest so-
ğutma potansiyelinde farklılıklar görülmektedir [9,
10] Bir bölgenin serbest soğutma potansiyeli, meka-
nik soğutma kullanmaksızın iç konforu sağlayan ha-
valandırma kapasitesinin ölçümünü verir [11]. Bu
potansiyelinin belirlenmesi için iklim verilerinin de-
taylı analiz gerekir. Bu çalışmada Türkiye'nin farklı
iklim bölgelerindeki illerinin serbest soğutma potan-
siyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. SERBEST SOĞUTMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada serbest soğutma şartlarının tespitinde
dış hava sıcaklığı kontrol edilmiştir. Tüm hesaplama-
larda iç ortam havasının sıcaklığı 26°C sabit alınmış-
tır. Çalışmanın ilk bölümünde, farklı ısıtma sıcaklık-
larında serbest soğutma sisteminin psikrometrik ana-
liz gerçekleştirilmiştir. İkinci bölümünde, Adana ili-
nin aylık BIN sayıları kullanılarak geçiş ayları ve so-

ğutma sezonu boyunca saatlik serbest soğutma po-
tansiyeli belirlenmiştir. Burada iç hava sıcaklığı ile
dış havanın sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının
($\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$) 2°C, 5°C ve 8°C olması durumları in-
celenmiştir. Üçüncü bölümünde, Türkiye'nin farklı
iklim özellikleri gösteren büyük illeri İstanbul, An-
kara, İzmir, Diyarbakır, Erzurum, Samsun ve Adana
dikkate alınmıştır. Serbest soğutma analizi, yıllık BIN
sayıları kullanılarak dış havanın $10^{\circ}\text{C} \leq T_{dış} \leq 21^{\circ}\text{C}$ du-
rumu için yapılmıştır. 10°C 'den düşük dış hava sı-
caklıklarında soğutma ihtiyacının olmadığı kabul
edilmiştir. Son bölümünde, Adana ilinde tam havalı
iklimlendirme sistemi ile iklimlendirilen bir iş mer-
kezinin, belli işletme rejiminde ve ΔT 'nin farklı de-
ğerlerinde serbest soğutma yapılması durumları ince-
lenmiştir.

3 katlı ve 1628 m²'lik kullanım alanına sahip olan iş
merkezinin, toplam pencere yüzey alanı 299 m² olup,
dış duvar alanı 668 m²'dir. 27 bürosu bulunan iş mer-
kezinin tüm bürolarında, 2 personelin 9⁰⁰-20⁰⁰ saatle-
ri arasında çalıştığı kabul edilmiştir. Binanın iç kon-
for şartları, 26°C kuru termometre sıcaklığı ve %50
bağıl nemdir. RTS soğutma yükü hesap yöntemi [12,
13] kullanılarak, bina tasarım soğutma yükü, 97.11
kW ve duyulur ısı oranı 0.97 olarak bulunmuştur. Ta-
sarıma şartlarına göre iklimlendirme sisteminin psik-
rometrik analizi yapılarak soğutma grubunun kapasite-
si 110.57 kW olarak belirlenmiştir.

Soğutma grubunun soğutma sezonu boyunca işletme
giderleri BIN yöntemi kullanılarak bulunmuştur
[13]. Bu amaçla ilk olarak, kısmi yük altında soğut-
ma grubu kompresörünün tükettiği enerji (W_{part})
eşitlik (1) ile bulunmuştur.

$$W_{part} = \frac{Q_{coil_part}}{COP_{part}} \quad (1)$$

Eşitlikteki Q_{coil_part} soğutma grubunun anlık olarak
ortamdan çektiği yükü, COP_{part} ise bu kısmi yük al-
tında soğutma grubunun etkinlik katsayısını göster-
mektedir. Q_{coil_part} oda soğutma yüküne eşit olup, ça-
lışma süresince saatlik olarak, RTS soğutma yükü
hesap yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. COP_{part}

soğutma sezonu boyunca sistemin çalışma saatleri için günlük dış hava sıcaklık değerlerine göre üretici firmadan elde edilmiştir.

Soğutma sezonu boyunca elde edilen W_{part} değerleri ile hesabın yapıldığı zaman periyodu ve sıcaklık aralığındaki BIN sayıları çarpılarak toplam enerji tüketimi (E, kWh) bulunmuştur.

$$E_{part} = W_{part} \times BIN \quad (2)$$

Bulunan enerji tüketim (kWh) değerleri, enerji birim fiyatıyla (YTL/kWh) çarpılarak soğutma grubunun toplam işletme gideri (YTL) elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Psikrometrik Analiz

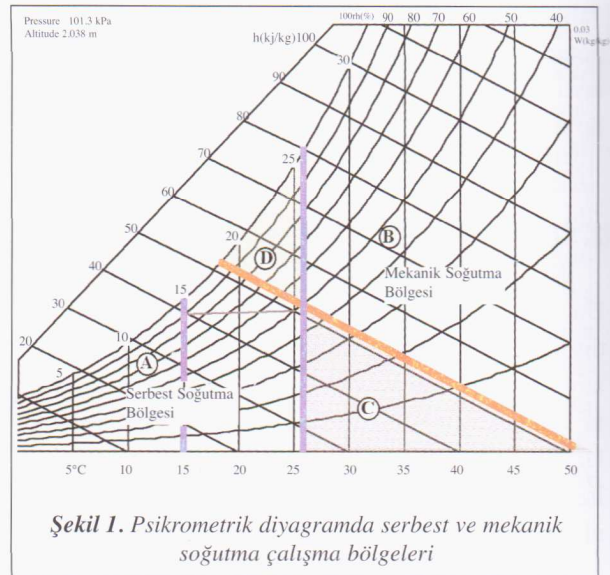
Bir ortamın arzu edilen ısı konforunun sağlanması için ortamın duyulur ve gizli ısısının uzaklaştırılması gerekir. Bu amaç için kullanılan serbest soğutma sistemlerinde, ortama doğrudan dış hava gönderilir. Yalnız ortama gönderilen dış havanın entalpisinin veya sıcaklığının, iç ortam havasının entalpi veya sıcaklığından düşük olması gerekir. Bunun tespiti için, iç ortam ile dış ortam havasının entalpileri veya sıcaklıkları kontrol edilir [14, 15]. Uygulamalarda sıcaklık kontrolü, entalpi kontrolüne göre daha kolay olduğundan tercih edilmektedir. Entalpi sensörleri önce ortamın sıcaklık ve bağıl nemini tespit etmekte, sonra entalpiyi hesaplamaktadır. Bağıl nemi bulmak nispeten daha pahalıdır ve güvenilirliğinde çeşitli sorunlar yaşanmaktadır [16]. Ancak son yıllarda piyasada, uygun hassasiyette entalpi sensörleri bulmak kolaylaşmıştır.

Şekil 1'de psikrometrik diyagram üzerinde 26°C kuru termometre sıcaklık ve %50 bağıl neme sahip bir ortamın 15°C üfleme sıcaklığında iklimlendirilmesi durumunda serbest ve mekanik soğutma çalışma bölgeleri gösterilmiştir. Psikrometrik diyagramdan görüleceği gibi, sabit oda entalpi ve sıcaklık doğrularının belirlediği 4 farklı psikrometrik bölge elde edilmiştir.

A bölgesi, dış havanın entalpi ($h_{dış}$) ve sıcaklığı ($T_{dış}$)

ortam havasının entalpi ($h_{iç}$) ve sıcaklığından ($T_{iç}$) düşük olmasından dolayı ($h_{dış} < h_{iç}$ ve $T_{dış} < T_{iç}$) serbest soğutma bölgesi olarak adlandırılır. Bu bölgede serbest soğutma yapılması durumunda, mahallin ısı konforunun sağlanması ortama sevk edilen dış havanın sıcaklığına (üfleme sıcaklığı: $T_{üfl}$) bağlıdır. Dış hava sıcaklığının üfleme sıcaklığının altında kalan değerlerinde ($T_{dış} < T_{üfl}$) serbest soğutma ile mahallin soğutma yükünün tamamı karşılanır. Dış hava sıcaklığının üfleme sıcaklığından büyük ve oda sıcaklığından küçük değerlerinde ($T_{üfl} < T_{dış} < T_{oda}$) serbest soğutma ile mahallin soğutma yükünün belli bir kısmı karşılanır. Karşılanmayan kısım için mekanik soğutma yapılması gerekir.

B bölgesinde, serbest soğutma için dış hava gerekli şartları sağlamadığından ($h_{dış} > h_{iç}$ ve $T_{dış} > T_{iç}$) mekanik soğutmaya ihtiyaç duyulur ve havalandırma için minimum oranda taze hava miktarı kullanılır. C bölgesinde dış havanın sıcaklığı oda havasından yüksek ($T_{dış} > T_{iç}$) olmasına rağmen taşıdığı enerji ($h_{dış} < h_{iç}$) daha düşüktür. Bu bölgede serbest soğutma yapılması durumunda, sadece ortamın gizli ısı kazancı karşılanır. Ortamın duyulur ısı kazancı karşılanmadığı gibi duyulur ısının artmasına sebep olur. D bölgesinde ise dış havanın sıcaklığı ortam havasının sıcaklığından düşük ($T_{dış} < T_{iç}$) ve entalpi ($h_{dış} > h_{iç}$) yüksektir. Bu bölgede serbest soğutma yapılması durumunda, duyulur ısı kazancının bir kısmı karşılanırsa da ısı konfor

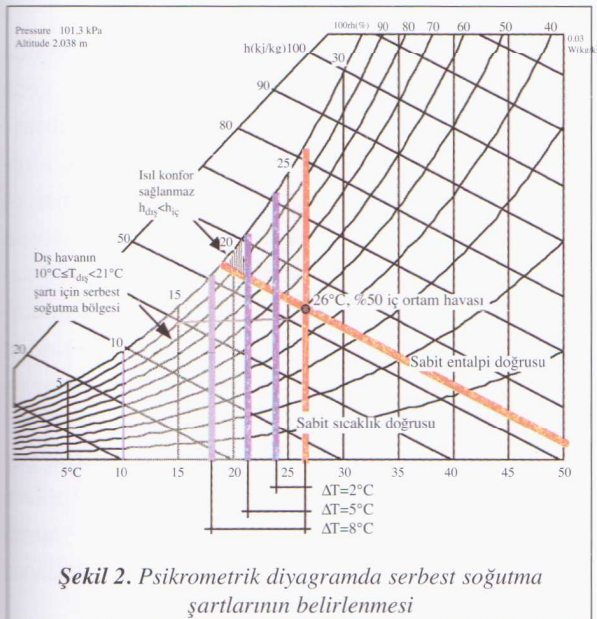


Şekil 1. Psikrometrik diyagramda serbest ve mekanik soğutma çalışma bölgeleri

tam olarak sağlanamaz. Sonuç olarak A bölgesi haricinde kalan tüm bölgelerde serbest soğutma yapılmasına izin verilmelidir.

Psikrometrik diyagramda elde edilen çalışma bölgeleri iç ortam şartlarına ve üfleme sıcaklıklarına göre değişiklik gösterir. Bu çalışmada serbest soğutma için dış hava sıcaklığı ile iç hava sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının (ΔT) 2°C , 5°C ve 8°C olması durumları incelenmiştir. Şekil 2’de iç ortam havasının sabit 26°C sıcaklık ve %50 bağıl nem şartları ile dış ortam havasının 18°C , 21°C ve 24°C şartları psikrometrik diyagramda gösterilmiştir.

Şekil 2’deki psikrometrik diyagramdan görüleceği gibi, $T_{dış} \leq 18^{\circ}\text{C}$ şartı için elde edilen serbest soğutma bölgesinin tamamında, entalpi kontrolünde $h_{dış} < h_{iç}$ olduğu için ısı konfor sağlanır. $T_{dış} \leq 21^{\circ}\text{C}$ şartı için elde edilen bölgenin, dış havanın $h_{dış} > h_{iç}$ olduğu değerlerin haricinde (oda sabit entalpi doğrusu ile 21°C sıcaklık doğrusunun arasında kalan taralı küçük üçgen) serbest soğutma yapılabilir. Entalpi kontrollü sistemlerde bu bölgede serbest soğutma yapılmaz. Dış havanın $h_{dış} > h_{iç}$ olduğu bu bölgede serbest soğutma yapılması durumunda, mahallin duyulur ısı kazancının tamamı uzaklaştırılırken gizli ısıyı uzaklaştırılmaz. Dolayısı ile dış havanın bu değerlerinde iç ortam konfor şartları istenilen hassasiyette sağlanamaz.



Şekil 2. Psikrometrik diyagramda serbest soğutma şartlarının belirlenmesi

maz. $T_{dış} \leq 24^{\circ}\text{C}$ durumunda bu bölge daha da artmaktadır. Yalnız bu bölge içinde yer alan dış hava değerleri, bazı yerel iklimlerde sıkça görülürken, bazı iklimlerde ise çok seyrek görülebilir. Bu değerlerin seyrek olarak görüldüğü yerel iklimlerde ve bağıl nemin hassasiyet arz etmediği uygulamalarda, bu bölgede sistemin serbest soğutma yapmasına izin verilebilir.

Sonuç olarak, ΔT 'yi artırarak serbest soğutma bölgesini artırmak her zaman mümkün değildir. Tam havalı iklimlendirme sistemlerinden maksimum oranda enerji tasarrufu sağlamak için, tasarım aşamasında yerel iklim özellikleriyle birlikte sistemin çalışma sıcaklıkları tespit edilerek optimum çalışma aralıkları bulunmalıdır.

3.2. İklim Verilerinin Analizi

Tablo 1’de Adana için soğutma sezonunca 4 saatlik periyotlarla 900-2000 arasında 3°C ’lik sıcaklık aralıklarında görülen BIN sayıları verilmiştir [17]. BIN sayısı; bir sıcaklık aralığının, belli bir zaman periyodundaki tekrar sayısıdır [13,17]. Tablodan görüleceği gibi, Adana ilinin Mayıs ayında 900-1200 saatleri arasında 12°C - 15°C sıcaklıkları sadece 1 defa görülmüşken 24°C - 27°C sıcaklıkları 35 defa görülmüştür. Soğutma sezonu, Mayıs ayından başlayıp Ekim ayı sonuna kadar devam eden 6 aylık dönemi kapsamaktadır.

Adana ilinin aylara ve soğutma sezonuna göre $T_{dış} \leq 18^{\circ}\text{C}$, $T_{dış} \leq 21^{\circ}\text{C}$ ve $T_{dış} \leq 24^{\circ}\text{C}$ şartları için serbest soğutma yapılabileceği zaman periyotları Tablo 2’de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, $T_{dış} \leq 18^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığı, sıcak ve nemli iklime sahip Adana ilinde Temmuz ve Ağustos aylarında hiç gözlemlenmediğinden, bu zaman aralığında serbest soğutma yapma imkanı yoktur. Soğutma sezonundaki diğer aylarda ise, $T_{dış} \leq 18^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığı görüldüğünden çeşitli oranlarda serbest soğutma potansiyeli vardır. Serbest soğutma yapıldığı dış hava şartlarında, sistemin soğutma grubu kapalı olup sadece fanlar çalışmakta ve sistemin enerji tüketimi azalmaktadır.

Tablo 2’den görüldüğü gibi, ΔT 'nin azaldığı diğer sıcaklık aralıklarında ($T_{dış} \leq 21^{\circ}\text{C}$, $T_{dış} \leq 24^{\circ}\text{C}$) serbest soğutma potansiyeli $T_{dış} \leq 18^{\circ}\text{C}$ ’e göre artmaktadır.

Tablo 1. Adana için soğutma sezonu boyunca görülen aylık BIN sayıları [17]

Sıcaklık Aralığı [°C]	BIN sayısı [h]								
	Mayıs			Haziran			Temmuz		
	09-12	13-16	17-20	09-12	13-16	17-20	09-12	13-16	17-20
12/15	1	1	2	0	0	0	0	0	0
15/18	6	3	9	0	0	0	0	0	0
18/21	17	9	25	0	1	2	0	0	0
21/24	34	18	36	6	2	14	0	0	1
24/27	35	34	28	36	10	45	4	1	11
27/30	18	29	15	52	41	42	48	6	61
30/33	8	16	6	21	49	14	58	65	43
33/36	4	10	2	4	14	2	12	44	7
36/39	1	3	1	1	3	1	2	7	1
39/42	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	Ağustos			Eylül			Ekim		
12/15	0	0	0	0	0	0	1	0	2
15/18	0	0	0	0	0	0	6	2	11
18/21	0	0	0	0	1	2	20	7	24
21/24	0	0	0	4	1	5	28	14	37
24/27	2	0	11	20	2	43	31	25	32
27/30	40	3	58	48	15	46	23	33	13
30/33	62	47	44	39	59	19	10	26	4
33/36	18	63	9	8	32	4	4	12	1
36/39	2	9	2	1	9	1	1	5	0
39/42	0	2	0	0	1	0	0	0	0

Şekil 2'de Adana ilinin $\Delta T=5^\circ\text{C}$ için ($T_{\text{dış}} \leq 21^\circ\text{C}$) serbest ve gece soğutma potansiyelleri yüzdelik olarak gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi serbest soğutma potansiyeli, gece saatlerinde daha yüksektir. Ayrıca, serbest soğutma potansiyeli ilkbahar ve sonbahar aylarında (Nisan %48, Ekim %77) dikkate değer ölçüde artmakta, bunun aksine Temmuz (%1) ve Ağustos (%0) aylarında ise hemen hemen hiç gözlenmemektedir.

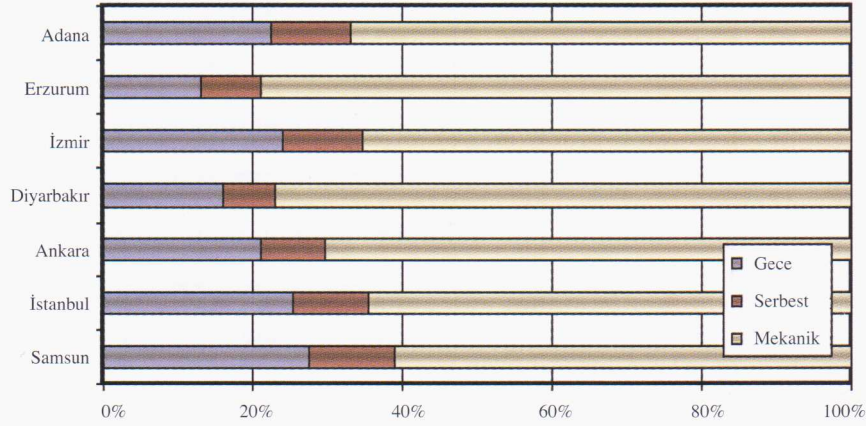
Tablo 3'te bu çalışmada dikkate alınan illerin $10^\circ\text{C} < T_{\text{dış}} \leq 21^\circ\text{C}$ şartı için serbest soğutma potansiyelleri yıllık süreçte günlük zaman periyotlarına göre saatlik ve yüzdelik olarak verilmiştir. Tablodan görüleceği gibi, en yüksek potansiyel Samsun ilinde görülmüştür. Bunu takiben sırasıyla; İstanbul, İzmir, Ankara, Diyarbakır ve Erzurum illeri gelmektedir. Sıcak iklime sahip Diyarbakır ve soğuk iklime sahip Erzurum illerinin serbest soğutma potansiyelleri diğer illere göre

re daha sınırlıdır. Bu durum, bu illerde gözlemlenen ekstrem sıcaklık değerlerinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 3'te dikkate alınan illerin yıl boyunca $10^\circ\text{C} < T_{\text{dış}} \leq 21^\circ\text{C}$ şartı için toplam serbest ve gece soğutma potansiyelleri yüzdelik olarak gösterilmiştir. 17⁰⁰-8⁰⁰ saatleri arası gece periyodu olarak alınmıştır. Hesaplanan iller arasında en büyük potansiyelle sahip Samsun ilinin, yıllık 8760 saatlik periyotun 2395 saati (%27) gece olmak üzere toplam 3408 saatlik (%39) kısmında serbest soğutma yapma potansiyeli vardır. Türkiye'nin büyük metropollerinden olan İstanbul ve İzmir'in serbest soğutma potansiyelleri %35'in üzerindedir. En düşük potansiyelle sahip Erzurum ilinin ise, yıllık olarak 8760 saatlik periyotun 1136 saati (%13) gece olmak üzere toplam 1845 saatlik (%21) kısmında serbest soğutma yapma potansiyeli tespit edilmiştir. Diğer illerde ortalama %35'lik bir potansiyel mevcuttur.

Tablo 3. İllerin zaman periyotlarına göre serbest soğutma potansiyeli

İller Zaman	Samsun		İstanbul		İzmir	
	[h]	[%]	[h]	[%]	[h]	[%]
01-04	662	45	615	42	555	38
05-08	601	41	556	38	529	36
09-12	508	35	456	31	469	32
13-16	505	35	443	30	482	33
17-20	520	36	473	32	495	34
21-24	612	42	570	39	516	35
	Ankara		Diyarbakır		Erzurum	
01-04	500	34	381	26	189	13
05-08	474	32	358	25	241	17
09-12	396	27	298	20	391	27
13-16	344	24	313	21	318	22
17-20	385	26	309	21	357	24
21-24	489	33	344	24	349	24

**Şekil 3. İllerin yıllık serbest ve gece soğutma potansiyelleri**

Çalışmanın son bölümünde, Adana ilinde bulunan tam havalı merkezi klima santrali ile iklimlendirilen bir iş merkezine serbest soğutma uygulanması durumunda işletme giderlerindeki değişim belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, $\Delta T=8^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{dış}}\leq 18^{\circ}\text{C}$) şartı için; Mayıs ve Ekim aylarında aylık olarak toplam 360 saat çalışma süresinin 22 saatinde (%6) serbest soğutma yapılmakta ve işletme giderinde %3'lük bir azalma sağlanmaktadır. $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{dış}}\leq 21^{\circ}\text{C}$) için; Mayıs ve Ekim aylarında işletme giderinde %13 oranında tasarruf edilmektedir. $\Delta T=2^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{dış}}\leq 24^{\circ}\text{C}$) durumu için; Mayıs ayında işletme giderinde %31'lik, Ekim ayında %28'lik bir düşüş gözlenmektedir. So-

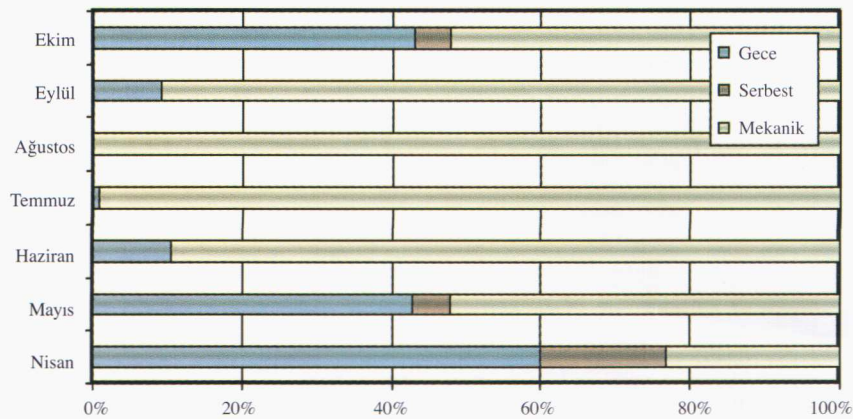
nuçlardan anlaşılacağı gibi, işletme giderleri sistemin çalışma rejimiyle orantılıdır. Uzun çalışma periyodu gerektiren soğutma uygulamalarında ve geçiş aylarında soğutma ihtiyacı gösteren yapılarda serbest soğutma, mekanik sistem ile birleştirilerek yüksek oranda enerji tasarruf edileceği açıktır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, serbest soğutma sistemlerinin psikrometrik analizi gerçekleştirilerek, Adana ilinin soğutma sezonu süresince aylık serbest soğutma potansiyeli ile Türkiye'nin farklı iklime sahip illerinin yıllık serbest soğutma potansiyellerinin günlük dağılımı

Tablo 2. Adana ilinin aylara ve soğutma sezonuna göre serbest soğutma potansiyeli

Sıcaklık Aralığı	Aylar	Serbest Soğutma Süresi [h]					
		01-04	05-08	09-12	13-16	17-20	21-24
$T_{dış} \leq 18 \text{ } ^\circ\text{C}$	Nisan	106	105	38	17	50	93
	Mayıs	63	51	7	4	11	36
	Haziran	5	3	0	0	0	1
	Temmuz	0	0	0	0	0	0
	Ağustos	0	0	0	0	0	0
	Eylül	4	6	0	0	0	2
	Ekim	61	67	7	2	13	40
	Soğutma Sezonu	133	127	14	6	24	79
$T_{dış} \leq 21 \text{ } ^\circ\text{C}$	Nisan	118	117	76	45	84	113
	Mayıs	106	95	24	13	36	82
	Haziran	34	26	0	1	2	13
	Temmuz	2	2	0	0	0	1
	Ağustos	0	0	0	0	0	0
	Eylül	25	28	0	1	2	10
	Ekim	100	103	27	9	37	81
	Soğutma Sezonu	267	254	51	24	77	187
$T_{dış} \leq 24 \text{ } ^\circ\text{C}$	Nisan	120	120	101	78	104	119
	Mayıs	121	117	58	31	72	113
	Haziran	101	87	6	3	16	71
	Temmuz	30	26	0	0	1	6
	Ağustos	21	24	0	0	0	4
	Eylül	85	86	4	2	7	47
	Ekim	121	118	55	23	74	115
	Soğutma Sezonu	479	458	123	59	170	356



Şekil 2. Adana ilinin aylık serbest ve gece soğutma potansiyelleri

belirlenmiştir. Adana ilinde tam havalı iklimlendirme sistemi ile iklimlendirilen bir iş merkezinde, serbest soğutma yapılması durumunda işletme giderlerindeki tasarruf miktarı hesap edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; Türkiye'ye göre ekstrem dış hava şartların görüldüğü illerin (Diyarbakır ve Erzurum) yıllık serbest soğutma potansiyelleri, diğer illere göre daha düşük bulunmuştur. Hesaplanan illerin yıllık serbest soğutma potansiyeli, bölgelere göre değişmekle birlikte ortalama olarak %35'tir. Sıcak ve nemli bir iklime sahip Adana ilinin aylık serbest soğutma potansiyeli, geçiş aylarında yüksek, Temmuz ve Ağustos aylarında ise hemen hemen hiç gözlenmemiştir. İşletme giderleri hesaplanan örnek binanın, soğutma sezonunun Mayıs ve Ekim aylarında ve geçiş aylarında enerji tasarrufu yaptığı belirlenmiştir.

Genel olarak bir bölgenin serbest soğutma potansiyeli, 24 saatlik periyot içinde gece saatlerinde (1700-0800) yükselmekte, dış hava sıcaklığının yükseldiği öğle saatlerinde düşmektedir. Aylar dikkate alındığında bir bölgenin serbest soğutma potansiyeli, geçiş aylarında en yüksek potansiyele ulaşmakta yaz aylarında ise azalmaktadır.

Son yıllarda ticari binalarda kullanılan cihazlardan kaynaklanan iç ısı yüklerinin artmasından dolayı soğutma sezonunun dışında bile soğutma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Özellikle ilkbahar ve sonbahar gibi geçiş dönemlerinde, serbest soğutma uygulanarak önemli oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilir.

Soğutma grubunun uzun işletme rejiminde çalıştırılması gereken yapılarda serbest soğutma ihmal edilmemelidir. Özellikle ticari binalarda gece soğutması yapılması enerji tüketimini azaltacaktır. Sonuç olarak, ülke enerji kaynaklarının etkin olarak kullanılması adına, yapıların iklimlendirme çalışmalarında serbest soğutma sistemleri ihmal edilmeyecek bir konumdadır. Bu sistemlerin uygulamaya geçirilmesiyle mevcut potansiyel kullanılarak önemli oranda enerji tasarrufu edileceği açıkça görülmektedir.

5. SEMBOLLER ve KISALTMALAR

$T_{iç}$	İç ortam havası sıcaklığı, °C
$T_{dış}$	Dış ortam havası sıcaklığı, °C
$T_{üfl}$	İklimlendirme cihazının mahalle gönderdiği havanın sıcaklığı, °C
ϵT	İç hava sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı, °C
$h_{iç}$	İç ortam havası entalpisi, kJ/kg
$h_{dış}$	Dış ortam havası entalpisi, kJ/kg
BIN	Bin sayısı, h
W^{part}	Kısmi yük altında soğutma grubu kompresörün çektiği enerji, kW
Q_{coil_part}	Soğutma grubunun anlık olarak ortamdan çektiği yük, kW
COP^{part}	Kısmi yük altında soğutma grubunun etkinlik katsayısı
E^{part}	Soğutma grubunun toplam enerji tüketimi, kWh
RTS	Işınım zaman Serileri (Radiant Time Series)

6. KAYNAKLAR

- [1] ERIK L.O., and QINYAN (YAN) C., "Energy Consumption and Comfort Analysis for Different Low-Energy Cooling Systems in a Mild Climate" Energy and Buildings 35 (2003) 561-571
- [2] FANGER P.O. "How to Make Indoor Air Quality One Hundred Times Better While Saving Energy" VI. International HVAC+R Technology Symposium, İstanbul, 3-5 May, 2004.
- [3] AKTACİR M.A., OKUYAN C. ve HİLALİ İ., "Genelkenel Urfa Evlerinin İklimlendirme Açısından İncelenmesi", 10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi bildiriler kitabı, 623-631, Ankara, 1995.
- [4] YILMAZ Z., "Enerji Etkin Tasarımda Isıl Kütlenin etkisi", TTMD VI. Uluslararası Yapıda Tesilat Teknolojisi Sempozyumu bildiriler kitabı, Sayfa 511-518, İstanbul, 2004.
- [5] KOLOKOTRONI M., and ARONIS A., "Cooling-Energy Reduction in Air-conditioned Offices by Using Night Ventilation", Applied Energy 63 (1999) 241-253.
- [6] EICKER U., HUBER M., SEEBERGER P., and, VORSCHULZE C., "Limits and Potentials of Office Building Climatisation with Ambient Air", Energy and Buildings 38-6 (2006):574-581.

- [7] BALARAS C.A., "The Role of Thermal Mass on the Cooling Load of Buildings. An Overview of Computational Methods", Energy and Buildings 24 (1996):1-10.
- [8] PFAFFEROTT, J., HERKEL S., and JÄSCHKE, M., "Design of Passive Cooling by Night Ventilation: Evaluation of a Parametric Model and Building Simulation with Measurements", Energy and Buildings 35 (2003) 1129–1143.
- [9] GEROS V., SANTAMOURIS M., TSANGRA-SOULIS A., and GUARRACINO G., "Experimental Evaluation of Night Ventilation Phenomena", Energy and Buildings 29_1999. 141–154.
- [10] GEROS V., SANTAMOURIS M., KARATASOU S., TSANGRASSOULIS A., and, PAPANIKOLAOU N., "On the Cooling Potential of night Ventilation Techniques in the Urban Environment" Energy and Buildings 37 (2005) 243–257.
- [11] GHIAUS C., and ALLARD F., "Potential for Fre-
e-Cooling by Ventilation", Solar Energy, 80-4, (2006):402-413.
- [12] SPITLER J.D., FISHER D.E., and PEDERSEN C.O.,1997. "The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure", ASHRAE Transactions 103-2 (1997):503-515.
- [13] ASHRAE Fundamental-Handbook, "American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers", Inc., 2001, Atlanta.
- [14] KREIDER, J.F., and RABL, A., 1994. "Heating and Cooling of Buildings", McGraw-Hill Inc., America, ISBN 0-07-834776-9.
- [15] KÜÇÜKÇALI R., 2005. "Enerji Ekonomisi", Isısan Çalışmaları No:351.
- [16] <http://www.laboratorytalk.com/news/sta/sta101.html>, erişim:21.12.2006.
- [17] BULUT H., BÜYÜKALACA O., and YILMAZ T., "Bin Weather Data for Turkey", Applied Energy 70 (2001) 135–155.