

KAYSERİ İLİNİN SERBEST SOĞUTMA POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Azmi AKTACİR, Hüsamettin BULUT

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliđi Bölümü, 63100-Şanlıurfa
Tel:0-414-344 00 20, Faks:0-414-344 00 31 E-mail: aktacir@harran.edu.tr, hbulut@harran.edu.tr

ÖZET

Tam havalı iklimlendirme sistemlerinde uygulanan serbest soğutma, enerji tasarrufu sağlamak için önerilen yöntemlerden biridir. Serbest soğutma, bir mahalin doğrudan dış hava ile soğulması temeline dayanmaktadır. Serbest soğutma potansiyeli ise, mekanik soğutma kullanmadan, ısı konforu sağlayacak şekilde dış ortam şartlarının soğutma yükünü karşılama ölçüsüdür. Bu potansiyelin belirlenmesi için iklim verilerinin detaylı analizi gerekir. Bu çalışmada, Kayseri ilinin serbest soğutma potansiyeli, dış hava sıcaklığı temel alınarak belirlenmiştir. Ayrıca, tam havalı iklimlendirme sistemine sahip bir binanın, serbest soğutma uygulanması durumunda enerji tasarrufu analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; Kayseri ilinin soğutma sezonunda ve özellikle geçiş dönemlerinde serbest soğutma potansiyelinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kayseri, Serbest soğutma, enerji tasarrufu, bin değerleri.

ABSTRACT

Free cooling which is generally applied to all-air central air-conditioning system is one of method to make energy saving. Free cooling depends on cooling a room directly by means of outdoor air. The potential of free cooling is a measure of meeting the cooling loads for thermal comfort without using mechanical cooling. It is necessary to analyze weather data in detail in order to determine this potential. In this study, the free cooling potential of Kayseri is determined by using hourly outdoor temperatures. Free cooling potential of a sample building is investigated and energy savings of the air-conditioning system is also analyzed. The findings indicate that free cooling potential is high during cooling season and especially in transit months for Kayseri.

Keyword: Kayseri, Free Cooling, energy saving, bin values.

1. GİRİŞ

Yapılarda ısı konforun sağlanması için harcanan

enerjinin sınırlandırılmasında sunulan yöntemlerden biride, tam havalı iklimlendirme sistemlerinde uygulanan serbest soğutmadır. Serbest soğutma uygulamalarında, dış ortam havasının entalpi veya sıcaklığı, iç ortam havasının entalpi veya sıcaklığından düşük olması durumunda iç ortama doğrudan dış hava sevk edilerek ısı konfor sağlanır. Bu çevrim ekonomizer çevrimi olarak da adlandırılır. Isı konfor için yeterli olmayan dış hava şartlarında, havalandırma için yeterli (minimum) oranda taze hava kullanarak mevcut soğutma grubu devreye alınır.

Serbest soğutma uygulamalarında dış hava şartları, sıcaklık kontrolü veya entalpi kontrolü yapılarak belirlenir (Kreider ve Rabl, 1994; Isısan, 2005). Sıcaklık kontrolü, entalpi kontrolüne göre daha basit olduğundan tercih edilmektedir. Entalpi kontrolü uygulamalarda çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır (Kreider ve Rabl, 1994).

Serbest soğutma uygulamalarında doğrudan dış hava kullanıldığından iç hava kalitesi artmaktadır. Yüksek kalitede iç ortam havası, dünyanın bir çok bölgesinde bürolarda rastlanan orta kalitede havaya göre, % 5-10 verimlilik artışı getirebilmektedir (Fanger, 2004). Orta kalitedeki havanın neden olduğu bu şiddeteki bir 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 (Olsen and Qinyan, 2003). 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 (Kolokotroni ve Aronis, 1999). Balaras (1996) bir çalışmada, gece soğutması uygulanan bir binada, yapı elemanlarının ısı kapasitesine bağlı olarak, binanın toplam soğutma yükünün %27-36 oranında azaltılabileceğini belirlemiştir. Sistem tasarımını doğrudan etkileyen bina soğutma yükünün düşük olması, mekanik soğutma sistemin kapasitesini düşürür. Bunun sonucu olarak, mekanik iklimlendirme sisteminin ilk yatırım

maliyeti ile birlikte işletme ve bakım giderlerinde önemli avantajlar sağlar.

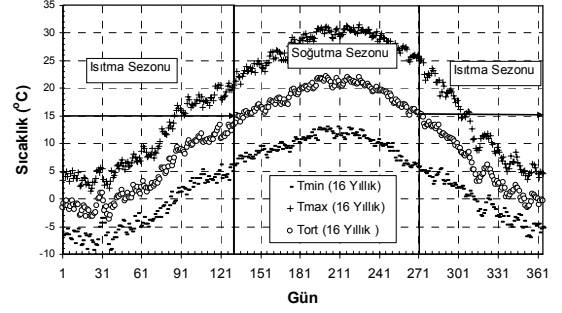
Serbest soğutma potansiyeli, mekanik soğutmaya ihtiyaç duymadan, ısı konforu sağlayacak şekilde dış ortam şartlarının soğutma yükünü karşılamasının bir ölçüsüdür (Ghiaus ve Allard, 2006). İklim özelliklerine göre bölgesel olarak serbest soğutma potansiyelinde farklılıklar görülür (Geros vd., 1999, 2005; Budaiwi, 2001; Pfafferott vd., 2003). Bu potansiyelinin belirlenmesi için iklim verilerinin detaylı analiz gerekir.

Bu çalışmanın temel amacı, Kayseri ilinin serbest soğutma potansiyelinin incelenmesidir. Bu amaç için uzun dönem saatlik dış hava sıcaklıkları kullanılmıştır.

2. BİN DEĞERLERİ

Kayseri ilinin serbest havalandırma potansiyelinin belirlenmesinde bin (sıcaklık aralığı) değerleri kullanılmıştır. Bin değerleri; bir sıcaklık aralığının, belli bir zaman periyodundaki görülme saatini gösterir (ASHRAE, 2001; Bulut vd., 2001). Kayseri ilinin 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 edilmiştir. Tablo 1'de sadece bazı aylar için bin değerleri verilmiştir. Tablo 1'den görüleceği gibi, Mayıs ayında 01:00-04:00 periyodunda 21°C/24 °C sıcaklık aralığı hiç görülmemiş, Ağustos ayında ise 2 saat görülmüştür. Kayseri ilinin soğutma sezonunu tespit etmek için uzun dönem günlük ortalama sıcaklıklarına

bakılmıştır. Şekil 1'de Kayseri ili için günlük minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinin yıl boyunca değişimi görülmektedir. 15 °C dış sıcaklık değerine göre soğutma sezonu 15 Mayıs'ta başlamakta, 30 Eylül'de bitmektedir. 10 °C'nin altında soğutma yükünün olmayacağı kabul edilirse, Nisan ve Ekim geçiş ayları olarak alınabilir.

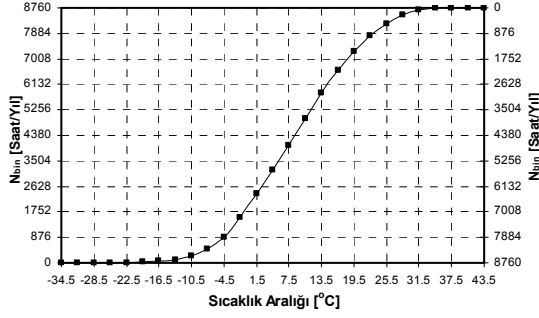


Şekil 1. Kayseri ilinin uzun dönem minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklarının yıl boyunca değişimi

Şekil 2'de ise Kayseri ili için yıllık toplam bin değerlerinin (N) yığılmalı (kümülatif) grafiği verilmiştir. Şekilden, bir denge noktası sıcaklığı seçilerek ısıtma veya soğutma sezonuna ait toplam süre yaklaşık olarak tespit edilebilir. Örneğin, 15/18 °C sıcaklık aralığı (16.5 °C denge noktası alınabilir) için ısıtma sezonunun toplam 6612 saat, soğutma sezonunun (15 °C üstündeki sıcaklıklar) 2148 saat olarak belirlenebilir.

Tablo 1. Kayseri ilinin bin değerleri (saat/ay)

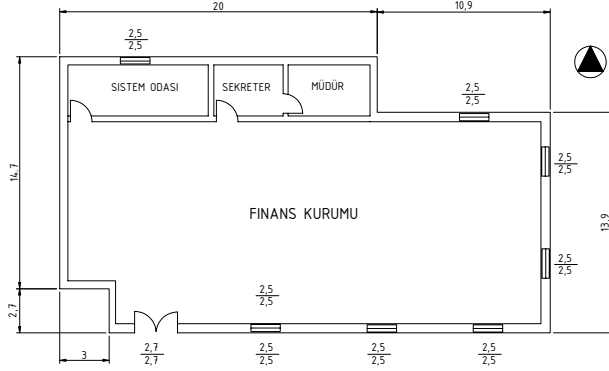
Aylar	Zaman	Sıcaklık Aralıkları (°C)													
		-3/0	0/3	3/6	6/9	9/12	12/15	15/18	18/21	21/24	24/27	27/30	30/33	33/36	36/39
Mayıs	01-04	1	6	15	37	38	20	6	1	0	0	0	0	0	0
	05-08	1	4	12	27	35	27	13	4	1	0	0	0	0	0
	09-12	0	0	1	5	9	20	27	27	21	11	3	0	0	0
	13-16	0	0	0	2	5	15	18	25	23	21	12	3	0	0
	17-20	0	1	1	3	13	22	25	25	18	11	4	1	0	0
	21-24	0	1	4	16	34	34	20	11	3	1	0	0	0	0
Ağustos	01-04	0	0	1	7	21	40	40	13	2	0	0	0	0	0
	05-08	0	0	2	7	21	31	34	22	6	1	0	0	0	0
	09-12	0	0	0	0	0	0	3	19	35	34	22	9	2	0
	13-16	0	0	0	0	0	0	0	2	7	21	40	35	17	2
	17-20	0	0	0	0	0	0	3	11	26	31	30	18	5	0
	21-24	0	0	0	0	3	11	32	46	24	7	1	0	0	0



Şekil 2. Kayseri ili için yıllık toplam bin değerlerinin yığılmalı (kümülatif) değişimi

3. SİSTEM TASARIMI VE ENERJİ ANALİZİ

Kayseri ilinde tam havalı iklimlendirme sistemine sahip bir finans kurumunun mimari yapısı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Enerji analizi yapılan binanın mimari projesi

Binanın dış duvarlarının toplam ısı transfer katsayısı $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, tavanlarının $0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$, kapı ve pencerelerinin ise $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Binada 9:00-24:00 çalışma saatlerinde 12 personelin çalıştığı ve 9:00-12:00 ve 13:00-17:00 saatleri arası ortalama olarak 10 kişinin işlem yaptırıldığı kabul edilmiştir. 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 $\%45$ bağıl nem'dir. Bina tasarım soğutma yükü RTS hesap yöntemi ile (Spitler vd., 1997; ASHRAE, 2001) hesap edilmiştir. Tasarım soğutma yükü saat 16:00'da 21.11 kW ve duyulur ısı oranı 0.95 'dir. Kişi başına taze hava miktarı $28 \text{ m}^3/\text{h}$ alınarak toplam taze hava miktarı $616 \text{ m}^3/\text{h}$ 'dir. Üfleme sıcaklığı 16°C olarak alınmıştır. Yukarıda verilen tasarım şartlarına göre iklimlendirme sisteminin psikrometrik analizi yapılarak, soğutma grubunun tasarım kapasitesi 24.34 kW ve toplam hava debisi 22242 kg/h olarak belirlenmiştir. Klima

santralinde emme ve basma fanlarının toplam motor gücü ($3+4 \text{ kW}$) 7 kW ve hava dağıtımı sabit debide olmaktadır.

Soğutma grubunun soğutma sezonu boyunca işletme giderleri Bin yöntemi kullanılarak bulunmuştur (ASHRAE, 2001). Bu yöntemde öncelikle, kısmi yük altında ($Q_{\text{coil_bin}}$) soğutma grubu kompresörün çektiği enerji (W_{bin}) aşağıdaki eşitlik ile bulunmuştur;

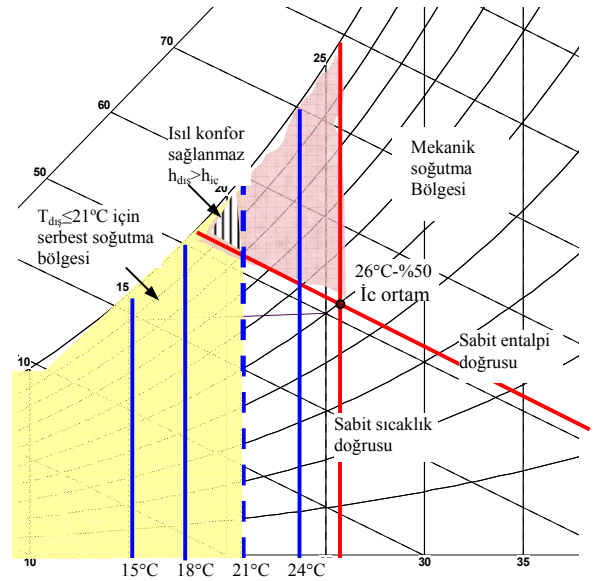
$$W_{\text{bin}} = Q_{\text{coil_bin}} / \text{COP}_{\text{bin}} \quad (1)$$

$Q_{\text{coil_bin}}$, soğutma grubunun ortamdaki yükü göstermekte olup, tam havalı yaz iklimlendirme sisteminin tüm bin şartlarında (sıcaklık aralığı ve zaman periyotlarında) psikrometrik analiz yapılarak elde edilmiştir. COP_{bin} ise bu kısmi yük altında soğutma grubunun etkinlik katsayısı olup tüm bin değerleri için üretici firmadan elde edilmiştir. Soğutma sezonu boyunca elde edilen W_{bin} değerleri, hesabın yapıldığı zaman periyodu ve sıcaklık aralığındaki bin değerleri ile çarpılarak toplam enerji tüketimi (kWh) bulunmuştur.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

4.1. Psikrometrik Analiz

Şekil 4'te iç ortam havasının 26°C ve $\%50$ bağıl nem şartlarında olması durumu ile dış ortam havasının 15°C , 18°C , 21°C ve 24°C şartlarında olması durumunda serbest soğutmanın yapılabileceği bölgeler psikrometrik diyagramda gösterilmiştir.



Şekil 4. Psikrometrik diyagramda serbest soğutma bölgeleri

Diyagramdan görüleceği gibi, $T_{dış} \leq 15$ °C ve 18 °C şartı için elde edilen serbest soğutma bölgesinin tamamında, $h_{dış} < h_{iç}$ olduğundan ısı konfor sağlanır. Ancak, $T_{dış} \leq 21$ °C şartı için elde edilen serbest soğutma bölgesinde, dış havanın yüksek bağıl nem değerlerinde (bağıl nem ≥ 80), $h_{dış} > h_{iç}$ olduğu durumlarda, serbest soğutma yapılması durumunda istenilen ısı konfor şartlarını elde edilemez. $T_{dış} \leq 24$ °C ve bağıl nemin %60'ın üzerinde olması durumunda ise bu bölge daha da büyümektedir. Sonuç olarak, enerji tasarrufu artırmak amacıyla serbest soğutma bölgesini büyütme için, iç hava ile dış hava arasındaki sıcaklık farkını (ΔT) azaltmak her zaman doğru sonuçlar vermemektedir. ΔT 'nin küçük seçilmesi iklimlendirme sisteminin fan debilerini artıracak unutulmamalıdır. Bu çalışmada $\Delta T = 8$ °C olması optimum nokta olarak belirlenmiştir.

4.2. Dış Hava Sıcaklık Analizi

Kayseri ilinin soğutma sezonu ve geçiş dönemi boyunca aylara göre $T_{dış} \leq 15$ °C, 18°C, 21 °C ve 24 °C şartları için serbest soğutma yapabileceği zaman periyotları Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, geçiş dönemlerinde serbest soğutma potansiyeli yüksek olmakta ve ΔT 'nin küçülmesiyle potansiyel daha da artmaktadır. Yaz aylarında ise serbest soğutma potansiyeli düşmekte, özellikle gün içinde en düşük potansiyel öğle saatlerinde gözlenmektedir. Şekil 5'te $T_{dış} \leq 15$ °C, 18°C, 21 °C ve 24 °C şartları için aylık toplam serbest soğutma potansiyelleri yüzdelik olarak gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi serbest soğutma potansiyeli, Nisan ve Eylül aylarında yüksek, Temmuz ve Ağustos aylarında düşüktür.

Tablo 2. Kayseri ilinin aylara göre serbest havalandırma potansiyeli

Zaman	Aylar	Serbest Soğutma Süresi (h)				Aylar	Serbest Soğutma Süresi (h)			
		$T_{dış} \leq 15$	$T_{dış} \leq 18$	$T_{dış} \leq 21$	$T_{dış} \leq 24$		$T_{dış} \leq 15$	$T_{dış} \leq 18$	$T_{dış} \leq 21$	$T_{dış} \leq 24$
01-04	Nisan	110	118	119	120	Temmuz	24	107	122	124
05-08		107	119	120	120		20	85	113	123
09-12		49	95	109	116		0	4	22	58
13-16		32	73	93	109		0	1	4	12
17-20		54	97	111	118		0	3	14	37
21-24		91	116	118	120		1	47	87	113
01-04	Mayıs	97	123	124	124	Ağustos	29	109	122	124
05-08		79	119	123	124		30	95	117	123
09-12		15	62	89	110		0	3	22	57
13-16		7	40	65	88		0	0	2	9
17-20		18	65	90	108		0	3	14	40
21-24		55	109	120	123		3	46	92	116
01-04	Haziran	62	116	120	120	Eylül	81	116	119	120
05-08		36	102	116	120		74	114	119	120
09-12		0	25	55	85		4	32	60	89
13-16		0	10	28	51		1	8	18	41
17-20		0	26	51	76		4	33	60	85
21-24		15	87	110	118		33	96	112	118

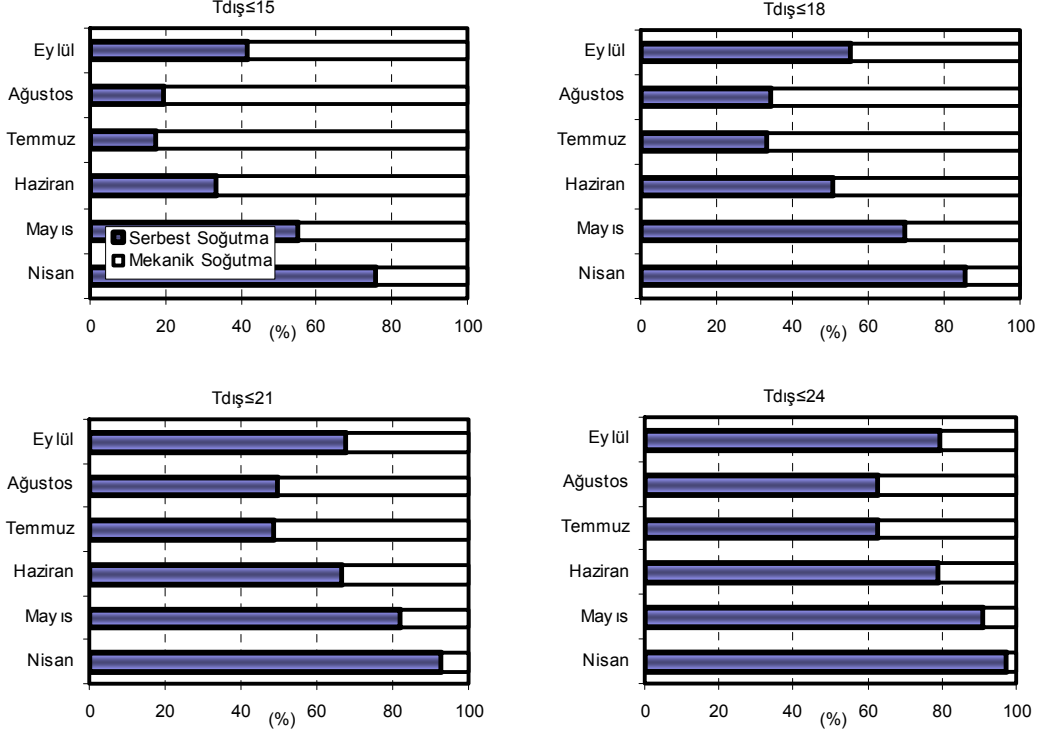
4.3. Enerji Analizi

Kayseri ilinde tam havalı merkezi klima santrali ile iklimlendirilen bir finans kurumunun soğutma sisteminin normal çalışması ile serbest soğutma uygulanması durumunda enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır. Serbest soğutma durumunun tespiti için sıcaklık ve entalpi kontrolü yapılmıştır. Sıcaklık kontrolü için $T_{dış} \leq 15$ °C, 18°C, 21 °C ve 24 °C durumları ile entalpi kontrolü durumunda ise $h_{dış} < h_{iç}$ kontrolü yapılmıştır. Dış hava sıcaklığı üfleme havası

sıcaklığından düşük olduğu şartlarda ($T_{dış} \leq T_{üfleme}$) tasarım kapasitesi kadar (maksimum oranda) dış hava ortama gönderilmektedir (%100 serbest soğutma). Dış hava sıcaklığı üfleme havası sıcaklığından yüksek ve oda havası sıcaklığından düşük olduğu şartlarda ($T_{üfleme} \leq T_{dış} \leq T_{iç}$) maksimum oranda dış hava soğutma ünitesinde, üfleme sıcaklığına kadar soğutularak ortama gönderilmektedir (Kısmi serbest soğutma). Diğer durumlarda havalandırma için yeterli oranda dış hava kullanılarak mekanik soğutma ile ortamın

ısı konforu sağlanır. Entalpi kontrolünde de aynı yaklaşımla işlemler yapılmıştır. Dış havanın

entalpilerinin belirlenmesinde mutlak nem değerleri kullanılmıştır (Bulut, 2001).



Şekil 5. Aylık toplam serbest soğutma potansiyeli

Tablo 3'te iklimlendirme sisteminin toplam enerji tüketimleri verilmiştir. Tablo 3'ten görüldüğü gibi iklimlendirme sisteminde enerji tasarrufu Nisan ve Ekim aylarında en yüksek, Temmuz ve Ağustos aylarında ise en düşük oranda olmuştur. Nisan ayında $T_{dış} \leq 15$ °C, 18°C, 21 °C ve 24 °C olması durumlarında; iklimlendirme sisteminin enerji tüketiminde sırasıyla %24, %33, %41 ve %46'lık tasarruf sağlanmaktadır. Aynı dönemde dış havanın entalpi kontrolü yapılarak serbest soğutmaya izin verilmesi durumunda, %48 oranında enerji tasarrufu elde edilmektedir. Temmuz

ayında ise $T_{dış} \leq 15$ °C, 18°C, 21 °C ve 24 °C durumlarında; sırasıyla iklimlendirme sisteminin enerji tüketiminde %1, %5, %12 ve %21'lik tasarruf sağlanmaktadır. Aynı dönemde dış havanın entalpi kontrolü yapılarak serbest soğutmaya izin verilmesi durumunda iklimlendirme sisteminin enerji tüketiminde %5 oranında tasarruf edilir. Sonuç olarak, yılın en sıcak dönemlerinde azımsanmayacak oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Entalpi kontrolü ile elde edilen enerji tasarrufuna en yakın sonuç, $T_{dış} \leq 21$ °C durumunda elde edilmiştir.

Tablo 3. Çeşitli çalışma durumları için iklimlendirme sisteminin aylık enerji tüketimi

Aylar	Mekanik Soğutma (kWh)	Mekanik+Serbest Soğutma (kWh)				Entalpi kontrolü
		Sıcaklık kontrolü				
		$T_{dış} \leq 15$	$T_{dış} \leq 18$	$T_{dış} \leq 21$	$T_{dış} \leq 24$	
Nisan	4758	3636	3165	2808	2567	2463
Mayıs	6467	5507	4900	4273	3783	3783
Haziran	6901	6476	5937	5252	4604	5466
Temmuz	7272	7189	6906	6392	5759	6933
Ağustos	7405	7316	7060	6504	5810	6653
Eylül	6726	6188	5702	5125	4499	4499
Ekim	5378	4224	3719	3305	2981	2789

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı dış hava sıcaklık değerlerindeki serbest soğutma işleminin psikrometrik analizi ve Kayseri ilinin soğutma ihtiyacı olan aylar için serbest soğutma potansiyelinin detaylı analizi gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen bir bina için serbest soğutma yapılması durumunda enerji tasarruf miktarı hesap edilmiştir. İklimlendirme sisteminde enerji tasarrufu en fazla Nisan ve Ekim aylarında %50'ye varan oranda görülmüştür. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise ortalama %13 oranında enerji tasarrufu edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; Kayseri ilinin aylık serbest soğutma potansiyeli aylara göre değişmekte olup en düşük potansiyel Temmuz ayındadır. Temmuz ayı serbest soğutma potansiyeli $T_{dış} \leq 15^\circ\text{C}$, 18°C , 21°C ve 24°C şartları için %17, %33, %49 ve %63'tür. Soğutma potansiyelinin en fazla ihtiyaç duyulduğu aya ait olan bu potansiyel, enerji tasarruf etmek için yeterli düzeydedir.

İç ısı yüklerinin fazla olduğu yapılarda ve soğutma grubunun uzun işletme rejiminde çalıştırılması gereken durumlarda soğutma enerjisi, serbest soğutma uygulaması ile karşılanabilir. Özellikle ticari binalarda gece soğutması yapılması enerji tüketimini azaltacaktır. Sonuç olarak, ülke enerji kaynaklarının etkin olarak kullanılması için, yapıların iklimlendirme çalışmalarında serbest soğutma sistemleri ihmal edilmeyecek bir konumdadır. Bu sistemlerin uygulamaya geçirilmesiyle mevcut potansiyel kullanılarak önemli oranda enerji tasarrufu elde edileceği açıkça görülmektedir.

6. SEMBOLLER VE KISALTMALAR

COP	Soğutma etkinlik katsayısı
h	Havanın entalpisi, kJ/kg
N	Bin değeri, saat
Q	Soğutma grubunun ortamdaki çektiği soğutma yükü, kW
RTS	Işınım zaman serileri (Radiant Time Series)
T	Havanın sıcaklığı, °C
W	Soğutma grubunun tükettiği güç, kW
ΔT	İç hava ile dış hava arasındaki sıcaklık farkı, °C

Alt indis

bin	Bin aralığı (sıcaklık aralığı ve zaman periyodu)
coil	Soğutma grubu
dış	Dış ortam havası
iç	İç ortam havası
üfleme	Üfleme havası

7. KAYNAKLAR

- ASHRAE, ASHRAE Fundamental-Handbook, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2001.
- 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.
- 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.
- Bulut, H., Büyükalaca, O., Yılmaz T., Bin weather data for Turkey, *Applied Energy* 70, 135-155, 2001.
- Bulut, H., Determination of weather data for Turkey for heating and cooling systems. PhD Thesis, Çukurova University, Adana. 2001.
- Fanger, P.O., How to make indoor air quality one hundred times better while saving energy, *VI. International HVAC+R Technology Symposium*, Istanbul, 2004.
- 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.
- Geros V., Santamouris M., Tsangrassoulis A., Guarracino G., Experimental evaluation of night ventilation phenomena, *Energy and Buildings* 29, 141-154, 1999.
- Ghiaus, C., Allard, F., Potential for free-cooling by ventilation, *Solar Energy* 80(4), 402-413, 2006.
- Isısan, Enerji Ekonomisi, Isısan Çalışmaları No:351, İstanbul, 2005..
- Kolokotroni, M., Aronis A., Cooling-energy reduction in air-conditioned offices by using night ventilation, *Applied Energy* 63, 241-253, 1999.
- Kreider, J.F., Rabl, A., Heating and Cooling of Buildings, McGraw-Hill Inc., McGraw Hill Inc., New York, 1994.
- 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.
- 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.
- Spitler J.D., Fisher D.E., Pedersen C.O., The radiant time series cooling load calculation procedure, *ASHRAE Transactions* 103(2), 503-515, 1997.