

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ YÖNETİMİ

Ali GÜNGÖR
Senem GÜNGÖR

ÖZET

Günümüzde geliştirilen cihazlarda, enerjinin verimli kullanımı tasarım aşamalarında özen verilen bir konudur.

İklimlendirme sistemleri tasarımlarında da, gerçekleştirilen projelerin en önemli karşılaştırma noktalarından birisi de enerji verimliliği yönünden karşılaştırmadır.

Bu araştırmada iklimlendirme sistemlerini enerji verimli çözümler haline getirmek için, kontrol sistemleri kullanımı ve cihaz, yapı, sistem özellikleriyle sağlanabilecek uygulamalar üzerinde durulacaktır.

Ayrıca mevcut uygulamalarda enerji kullanımı izlenmesi, ve değerlendirilmesi (audit) prensipleri, genel uygulama prosedürleri, enerji tasarrufu odakları (ETO) üzerinde durulacaktır. Mevcut sistemlerin enerji verimli sistemlere dönüştürülmesi ilkesel adımları verilecektir.

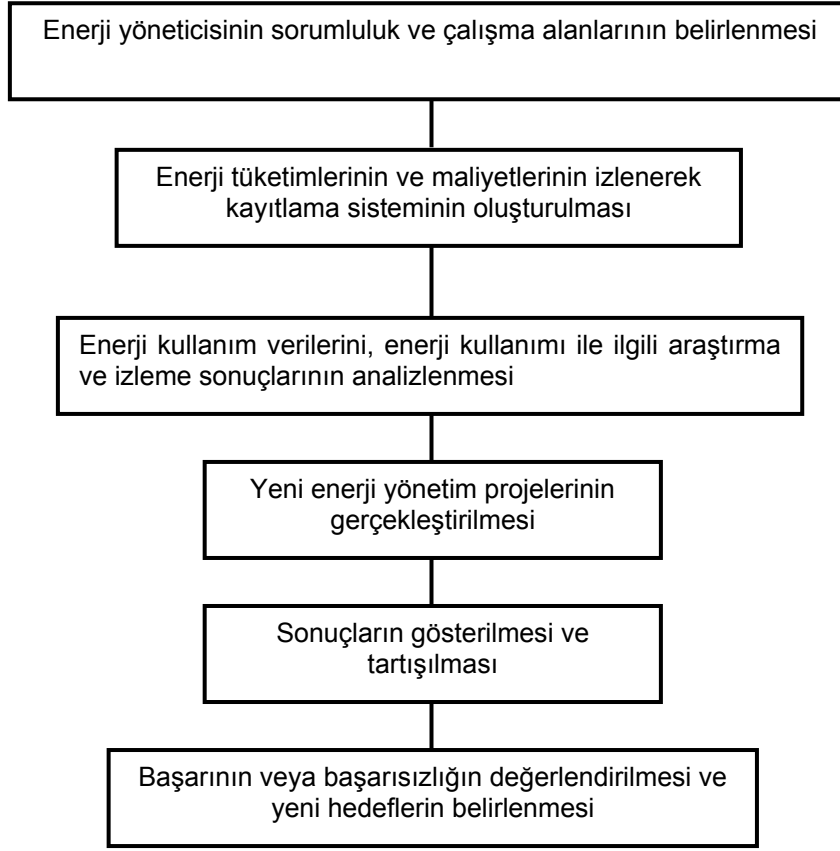
Enerji kullanımı modelleri ve değerlendirilme kriterleri verilecektir. Su soğutma grupları için örnek değerlendirmeler tartışılacaktır. Enerji etkinliği açısından havalı iklimlendirme sistemlerinin karşılaştırılmaları ve mevcut uygulanmış sistemlerin iyileştirilmelerinde dikkate alınacak uygulama önerileri verilmiştir.

1. GİRİŞ

Enerji krizlerinin insanlığa öğrettiği, enerjinin verimli kullanılması gerektiğidir. Günümüzde özellikle büyük binalar, iş merkezleri ve endüstriyel tesislerde izlenmesi gereken en önemli kullanım “*enerji kullanımı*”dır. Bu amaçla görevlendirilen enerji yöneticileri mevcuttur veya görevlendirilmesi gereklidir. Bu yöneticilerin ana amaçları enerjiyi bilinçli, yerinde kullanmak yani yönetmektir.

Başarılı bir enerji yönetim programının uygulanması Şekil 1.’de gösterilen enerji yönetim programı akış diyagramı ile uygulanabilir [1]. Bu yönetim programından görüldüğü gibi enerji kullanım verilerinin izlenmesi, görevlendirilen personeller aracılığı ile “*enerji denetimi*”ni (*audit*) zorunlu kılar.

1970’li yılların bina enerji yenilemelerinde dikkate alınan “*kullanılmayan ışıkların söndürülmesi*”, “*ısıtma sıcaklıklarının geri çekilmesi*”, “*iklimlendirme sıcaklıklarının geri çekilmesi*” ve “*sıcak su sıcaklıklarının azaltılması*” biçiminde uygulanırken, günümüzde bina enerji yönetimi, enerji sistemlerinin komple kontrolünü ve cihazlar içindeki tüm tüketimlerin dikkatle incelenmesini gerektirir. Bu nedenle enerji denetçisi, elektrik kullanımı akışlarını, enerji akış diyagramlarını (*Sankey* diyagramlarını) oluşturarak enerji tasarruf odaklarını belirlemeyi ve en son binalar için geliştirilen enerji etkin teknolojileri ve onların uygulamalarını bilmek zorunluluğundadır.



Şekil 1. Enerji yönetim programı [3].

2. ENERJİ DENETLEME (AUDİT) TİPLERİ

“Enerji Denetleme” (Audit) terimi yaygın olarak ve enerji servis elemanlarınca değişik anlamlarda kullanılmaktadır. Enerji denetimleri sistemin kısa bir dolaşarak incelenmesinden, bilgisayar simülasyonları ile saatlik detaylı analizlere varan değerlendirmelerle gerçekleştirilebilir. Genellikle uygulanan dört tip enerji denetlemesi kısaca aşağıda belirtilmiştir [2].

2.1 Yerde İncelemeyle Denetleme

Denetleme tesis bileşenlerinin kısa yerinde ziyaret ve incelenmesiyle gerçekleştirilir. Belirlenen basit ve pahalı olmayan düzenlemelerle derhal enerji veya işletme maliyetlerinde tasarruflar sağlanır. Bazı mühendisler bu tip düzenlemeleri, işletme ve bakım düzenlemeleri olarak değerlendirir. Örnek olarak bakım ve işletme düzenlemelerine ısıtma ayar noktasının değiştirilmesi, kırılan camların değiştirilmesi, sıcak su ve buhar borularını yalıtılması, kazanlarda hava-yakıt oranının ayarlanması sayılabilir.

2.2 Sistem Cihazları Maliyet Analizleri Denetlemesi

Bu tip denetlemeden amaç sistem cihazlarının işletme maliyetlerinin dikkatlice analizlenmesidir. Tipik olarak muhtelif cihazlara ilişkin saklanan bu veriler, enerji kullanımının modelini, pik yükleri belirlemeyi sağlayabileceği gibi, hava koşullarının etkilerini ve potansiyel enerji tasarrufu için önemli analiz bilgileridir. Bu analizlerle:

- Aylık hesaplanan giderlerle, tüketim giderlerinin karşılaştırılması yapılır.
- Maliyetleri en yüksek olan kullanımlar nerede gerçekleşmektedir, belirlenebilir. Özellikle elektrik enerjisinde olduğu gibi farklı fiyat tarifeleri olduğunda günlük dağılımlar, pik yükler, gerekirse pik yüklerden kaçınma önlemleri belirlenerek analiz ve uygulamalar gerçekleştirilir.
- Sistem cihazları için farklı yakıt ve enerji türleri ile çalıştırılabilirliği, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve yatırım maliyetleri ile birlikte değerlendirilmesi sağlanabilmektedir.
- Bu analizler sonrasında ticari binalarda birim alan için enerji tüketimleri, endüstriyel tesisler için birim ürün için enerji maliyetleri ortaya konmaktadır. Bu değerler diğer emsalleriyle karşılaştırılarak “enerji kullanım (çalışma) verimliliği” ortaya konabilir.

2.3 Standart Enerji Denetimi

Tesisin enerji sisteminin etraflı analizi için uygulanan enerji denetimidir. Bu denetimde yerinde ve maliyet analizleri denetimlerine ek olarak tesisin enerji kullanımı için ana hattının gelişmeleri ve enerji korunumu değerlendirmeleri ve uygun olarak seçilen enerji tasarruf odaklarının maliyet etkinlikleri de mevcuttur. Adım adım standart enerji denetimi yaklaşımı kapsamlı (detaylı) enerji denetimi ile benzerlik gösterir ve 2.4. bölüm’de açıklanacaktır.

Ana hat enerji modelleri gelişimi için standart enerji denetiminde ve enerji korunumu önlemlerinin enerji tasarruflarını tahmin etmede, basitleştirilmiş yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu basitleştirilmiş yaklaşımlar arasında “derece-gün yöntemi” ve “doğrusal regresyon” modelleri sayılabilir. Buna ek olarak “basit geri ödeme analizi” (simple pay-back analysis) enerji korunumu önlemlerinin maliyet etkinliklerinin çözümlenmesinde genellikle kullanılır.

2.4. Kapsamlı Enerji Denetimi

Bu enerji denetimi en kapsamlı fakat ayrıca zaman alıcı bir yöntemdir. Özel olarak bu yöntemde tüm binanın ve/veya bina içindeki bazı enerji sistemlerinin (örneğin, aydınlatma, ofis cihazları, fanlar, su soğutma grupları v.b.) enerji kullanım ölçümleri için cihazların kullanımına kadar konular denetim altındadır. Buna ek olarak, bazı bilgisayar simülasyon programları kullanılarak tesis için enerji yenilemeleri önerileri ve değerlendirmeleri de gerçekleştirilir.

Bir enerji denetleyicisi için ölçümlerinin gerçekleştirileceği olası teknikler çeşitlidir. Yerinde ziyaret esnasında elde taşınabilen, hemen kullanılabilen cihazlar bazı binalardaki parametrelerin belirlenmesinde kullanılabilir. Örneğin iç hava sıcaklığı, bağıl nemi, aydınlanma düzeyleri, hava hızı, elektrik enerjisi kullanımı gibi ölçümler bu tür cihazlarla belirlenebilir.

Uzun dönemli ölçümler gerektiğinde, sensör tipi hissediciler ve bu verileri depolama amaçlı veri (data) toplama sistemleri kullanılır ve böylece ölçülmüş veriler saklanabilmektedir. ve hatta istenildiği zaman kablolu veya kablosuz sistemlerle ulaşıp değerlendirmek üzere kullanılmaktadır. Her geçen gün yeni teknolojiler bu amaçla kullanıma sokulabilmektedir. Bu teknolojilerden “rahatsız edici olmayan yük izleme tekniği” (NILM: *nonintrusive load monitoring*) ile tesis servis girişindeki sensörler seti kullanımı ile tesis içindeki önemli elektrik yüklerinin gerçek-zaman enerji kullanımları çözümlenebilir. Geleneksel çoklu ölçüm sistemleriyle karşılaştırıldığında NILM tekniği kullanımında en az çaba ile izleme gerçekleştirilir. Çoklu ölçüm sistemlerinde her bir son kullanıcıda enerji tüketiminin izlenmesi için ayrı sensör setlerine gereksinim duyulur. Bu özelliği ile NILM teknikli izleme sistemleri çok çekici ve pahalı olmayan bir yük izleme tekniği olup, tesis sahipleri ve enerji servis şirketleri tarafından tercih edilebilmektedir.

Bilgisayar simülasyon programları enerji denetiminde yük tipi (örneğin, aydınlatmada, fanlarda, su soğutma gruplarında, kazanlarda v.b) dağılımlı enerji kullanımını sağlayan detaylı enerji denetiminde kullanılmaktadır.

Bu programlar sıklıkla bina enerji sistemlerinin dinamik ısı verimliliklerine bağlıdır ve genellikle yüksek düzeyde mühendislik deneyimi ve eğitim gerektirir. Bu simülasyon programları “bin metodu” temelli olup, saatlik bina ısı ve elektrik yüklerini belirlemede kullanılır. Örneğin bu programlardan birisi de DOE-2’dir (“Department of Energy”, ABD, tarafından geliştirilmiş bir program).

Kapsamlı enerji denetiminde enerji korunumu önlemleri genellikle ekonomik olarak daha kapsamlı değerlendirilir. Ömür boyu maliyet analizleri (LCC: *Life-cycle cost*), basit geri ödeme periyodu analizlerine göre daha etkin olup, detaylı enerji denetiminde ve analizinde tercih edilir. LCC analizleri faiz, enflasyon ve vergi oranları gibi ekonomik parametreleri de dikkate alır.

3. KAPSAMLI ENERJİ DENETİMİ İÇİN GENEL İŞLEM SIRALARI

Enerji denetimini gerçekleştirmek için binanın fonksiyonu ve boyutu ve denetimin tipine bağlı olarak birçok görev gerçekleştirilmelidir. Bu görevlerden bazıları diğer görevlerin sonuçlarına bağlı olarak tekrarlanmış, kapsamı azaltılmış veya ihmal edilerek kaldırılmış olabilir. Bu nedenle, enerji denetiminin gelişimi genellikle lineer proses olmayıp, ardışık karakterlidir. Bununla beraber, binaların çoğu için uygulanabilecek bir genel prosedür (işlem sırası) aşağıdaki gibi özetlenebilir [2]:

1. Adım: Bina ve Tesis Veri Analizi

Bu adımın ana amacı bina için enerji kullanım biçimlerinin ve enerji sistemlerinin karakteristiklerinin belirlenmesidir. Bina karakteristikleri mimari/mekanik/elektriksel proje ve çizimlerden ve/veya binadaki operatörlerle gerçekleştirilen görüşmelerle belirlenir. Enerji kullanım biçimi, uzun yıllar üzerinde kullanım faturalarının bir derlemesinden elde edilebilmektedir. Kullanım giderlerinin zamansal değişiminin analizi enerji denetçisine mevsimsel ve hava durumu değişimlerin, binanın enerji kullanımı üzerindeki etkilerinin çözümlenmesini sağlar. Bu görev esnasında yerine getirilebilecek görev adımlarının bazıları aşağıda belirtilmiştir. Her bir görevde anahtar amaç beklentiler de köşeli parantezde gösterilmiştir:

- Kullanım veri kayıtlarının en azından üç yıllık toplanması gereklidir [Bu bilgilere zamansal enerji kullanımı biçimlerini tanımlamak için gereksinim duyulur.].
- Kullanılan yakıt tiplerinin belirlenmesi (elektrik, doğalgaz, yakıt-yağı (fuel-oil), v.b.) [En çok kullanılan yakıt tipinin çözümlenmesi için gereklidir.].
- Enerji sağlamada gerekli olan ve kullanılan yakıt tipi [Pik yüklerin karşılanmasında kullanılan enerji, hangi yakıt tipi ile sağlanmaktadır.].
- Kullanım hızı yapısının çözümlenmesi (enerji ve gereksinim hızları) [Binada pik yükler ve ucuz yakıt sağlanabilirliğinin değerlendirilmesi.].
- Yakıt gereksinimi üzerine hava koşullarının etkisinin analizlenmesi.
- Bina tipi ve boyutlarına göre kullanılan enerji analizlerini gerçekleştirmek ve birim alan için enerji kullanımı dahil olmak üzere bina karakteristiğinin oluşturulması [Tipik değerlerle karşılaştırmak için.].

2. Adım: Yerinde İncelemeyle Belirlemeler

Bu adımda potansiyel enerji tasarruf önlemleri belirlenir. Bu adımın sonuçları önemli olup, sonraki enerji denetimi çalışmaları için bu bilgilere gereksinim duyulur. Bu adımdaki bazı görevler:

- Kullanıcının ilgi ve gereksinimlerini belirlemek.
- Mevcut çalışma ve bakım işlemlerinin kontrol edilmesi.
- Ana enerji kullanan cihazların, mevcut çalışma koşullarını belirlemek (aydınlatma, İklimlendirme (HVAC) sistemleri, motorlar v.b.)
- Kullanıcıların, cihaz ve aydınlatma kullanımlarının tahmin edilmeleri (enerji kullanım yoğunluğu ve çalışma saatlerinin belirlenmesi.).

3. Adım: Bina Enerji Kullanımı İçin Ana Hatlar

Bu adımın ana amacı mevcut enerji kullanımını ve bina için çalışma koşullarını temsil eden ana hat modeli geliştirmektir. Bu model, uygun olarak seçilen enerji korunum önlemleri nedeniyle, enerji tasarrufunu tahmin etmek için bir referans olarak kullanılacaktır. Bu adımın ana görevleri:

- Mimari/mekanik/elektrik ve kontrol çizim ve projelerinin sağlanması ve gözden geçirilmesi.
- Tespit, test, verimlilik ve sağlamlık için bina cihazlarının değerlendirilmesi.
- Cihazlar için çalışma periyotları ve tüm kullanıcıların tespit edilmesi (aydınlatma ve HVAC sistemleri dahil).
- Bina enerji kullanımı için bir ana hat modeli geliştirmek.
- Kullanım veri ve/veya ölçülmüş veri kullanımıyla ana hat modeli kalibrasyonu gerçekleştirmek.

4. Adım: Enerji Tasarruf Önlemlerinin Değerlendirilmesi

Bu adımın ekonomik ve verimli enerji tasarrufu önlemlerinin bir listesi, enerji tasarrufu odakları (ETO) (Energy Conservation Opportunities (measures): ECO) ekonomik analiz yöntemleri birlikte kullanılarak oluşturulur. Bu amaca ulaşmak için, aşağıdaki görevlerin gerçekleştirilmesi gerekir:

- Enerji tasarrufu odaklarının kapsamlı bir listesi hazırlanır (yerinde incelemeyle tespit edilen bilgilerin kullanımıyla).
- Değişik enerji korunumu önlemlerinin 3.Adım'da geliştirilen ana hat enerji kullanım modeli kullanımıyla enerji tasarruflarının belirlenmesi.
- Enerji korunumu önlemlerini gerçekleştirmek için ilk yatırım maliyetlerinin tahminlenmesi.
- Enerji korunumu önlemlerinin her birisinin ekonomikliğinin değerlendirilebilmesi için ekonomik analiz yöntemlerinin kullanılması (basit geri ödeme veya ömür boyu maliyet analizleri gibi.).

Tablo 1.'de ticari binalar için önerilen enerji denetleme çalışmaları özet olarak verilmiştir. Burada enerji denetimi için ısı ve elektrik sistemler ayrılmıştır; bu özellikle kullanım maliyetlerinin farklılığı (elektrikte zamana göre tarife uygulanması gibi) nedeniyle.

Tablo 1. Eysel ve ticari binalarda enerji denetimi çalışmaları (özet) [3].

Isıl Sistemler	Elektrik Kullanan Sistemler
<u>Kullanım Analizi</u>	
Isıl enerji kullanım profili (bina açısından)	Elektrik enerji kullanım profili (bina açısından)
Birim alan için ısı enerji kullanımı (veya birim öğrenci için veya bir hastanede birim yatak için)	Birim alan için elektrik enerjisi kullanımı (veya birim öğrenci için veya bir hastanede birim yatak için)
Isıl enerji kullanım dağılımı (ısıtma, sıcak su, proses v.b.)	Elektrik enerjisi kullanım dağılımı (soğutma, aydınlatma, cihaz, fanlar v.b.)
Kullanılan yakıt tipleri	Elektrik enerjisi kullanımında hava koşullarının etkisi
Isıl enerji kullanımında hava koşullarının etkisi	Kullanım hızı yapısı (enerji dolumları, istek durumları, güç faktörü olumsuzluğu v.b.)
Kullanım hızı yapısı	

Yerinde İnceleme	
Konstrüksiyon malzemeleri (ısı dirençler, tipleri ve kalınlıkları)	HVAC (İklimlendirme) sistem tipi
HVAC (İklimlendirme) sistem tipi	Aydınlatma tipi ve yoğunluğu Cihaz tipi ve yoğunluğu
Sıcak su hazırlama sistemi	Isıtma için elektrik enerjisi kullanımı Soğutma için elektrik enerjisi kullanımı
Isıtma için sıcak su/buhar kullanımı	Aydınlatma için elektrik enerjisi kullanımı
Soğutma için sıcak su/buhar kullanımı	Cihazlar için için elektrik enerjisi kullanımı
Sıcak su hazırlama için için sıcak su/buhar kullanımı	Hava sağlama için elektrik enerjisi kullanımı
Özel uygulamalar için için sıcak su/buhar kullanımı (hastaneler, yüzme havuzları v.b.)	Su dağıtımı için için elektrik enerjisi kullanımı
Enerji Kullanımı Ana Hat	
Mimari, mekanik ve kontrol çizimlerinin gözde geçirilmesi	Mimari, mekanik, elektrik ve kontrol çizimlerinin gözde geçirilmesi
Ana durum belirleme modeli geliştirmek	Ana durum belirleme modeli geliştirmek
Ana durum modelinin doğrulanması (kullanım verileri veya ölçüm verilerinin kullanımı)	Ana durum modelinin doğrulanması (kullanım verileri veya ölçüm verilerinin kullanımı)
Enerji Korunumu Önlemleri	
Isı geri kazanım sistemleri (ısı değiştiriciler)	Enerji etkin aydınlatma
Verimli ısıtma sistemi (kazanlar)	Enerji etkin cihazlar
Sıcaklık geri ayarı	Enerji etkin motorlar
Enerji yönetimi kontrol sistemi	Enerji yönetimi kontrol sistemi
HVAC sistemlerinde yenileme	HVAC sistemlerinde yenileme
Kullanım sıcak suyunda azaltma	Sıcaklık ayarları
Kojenerasyon (birleşik ısı-güç üretimi)	Enerji etkin su soğutma grupları (Chiller) Pik yükten kurtulma Isıl enerji depolama sistemi Güç faktörü iyileştirilmesi Harmoniklerin azaltılması Kojenerasyon (birleşik ısı-güç üretimi)

4. ENERJİ TASARRUF ODAKLARININ BELİRLENMESİ

Enerji yönetimi çalışmalarında binalarla ilgili ortaya konan enerji tasarrufu odakları, PNL (Pacific Northwest Laboratories, ABD) tarafından hazırlanan yayında [4] 118 farklı bileşen ve başlık altında toplanmıştır ve ASHRAE Uygulamalar 2003 Elkitabında [1] da bu başlıkların bazıları verilmiştir. Yeni projelerde ve mevcut yapılarda bulunan eleman ve uygulama olanaklarına göre bu enerji tasarruf odaklarından yararlanma yoluna gidilebilir. Ancak her bir önlemin ilave bir yatırım, yer, karmaşıklık, teknoloji gerektirmesi, bina kullanımında farklılıklar oluşturma v.b. yeni özellikler kazandıracığı da unutulmamalıdır.

Burada HVAC konularını direkt ilgilendiren bazı tasarruf odaklarında neler yapılabileceğine ilişkin bazı değerlendirmelere yer verilecektir.

Binalardaki mekanik ısıtma ve soğutma sistemleri yükleri değişik ısı kazancı ve kaybı bileşenleriyle bağlantılıdır. Deneyimlere göre bu bileşenlere güneş ve iç ısı kazançları veya bina yüzeylerinden geçen ısı kayıpları veya havalandırma ile hava sızıntılarından (infiltrasyon) olabilecek ısı kayıpları dahildir. Bir binada ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sisteminin ana amacı, kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem ve hava kalitesini ısı girdisi veya çekimi ile sağlayabilmektir. İklimlendirme sistemleri olarak geliştirilen evsel ve evsel olmayan uygulamalar çok çeşitli olup, bu sistemlerde enerjiyi tasarruf veya israf potansiyeli bulunabilmektedir. Bu araştırmada sistemler enerji kullanımları, tasarruf potansiyelleri bakımından değerlendirilecektir. Bu değerlendirme ışığında sistemler değişik kategorilere ayrılabilir:

- Enerji korunum teknolojilerini kullanan sistemler
- Dış havayı kullanan veya kullanmayan (kullanamayan) sistemler
- Kontrol stratejileri farklılıklarına göre sınıflandırma

gibi. İlk olarak iklimlendirme sistemleri mevcut uygulanan iklimlendirme sistemlerinde enerji yönetimi analizleri gerçekleştirilecektir.

5. HVAC SİSTEMLERİNDE MEVCUT KOŞULLARIN ENERJİ YÖNETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Herhangi bir etkin enerji yönetimi programından beklenen ilk aşamada kullanılan cihaz ve sistemlerle ilgili enerji kullanımının izlenmesidir (audit). Bir binada bulunan HVAC sisteminin incelenmesindeki *ilk adım* da ne amaçlandığının ortaya konulması ve bunu sağlamak için ne tür cihaz ve kontrol sistem(ler)inin mevcut olduğunun belirlenmesidir. Bu kapsamda HVAC sistemleri iki kategoride ele alınıp incelenir: ısıtma ve soğutmayı sağlayan cihaz ve sistemler, havalandırma sağlayan cihaz ve sistemler. Bu belirlemede genelde ana bileşen eleman ve cihazlarından tüm yardımcı cihazlara kadar tüm cihazların durum ve tipleri kayıtlanır. Bu cihazlara kazanlar, soğutma grupları, soğutma kuleleri ve hava hazırlama üniteleri (AHU: air handling unit) ve değişik kontrol sistemleri: termostatlar, vanalar, göstergeler, otomatik kontrollü veya elle kontrollü sistemler dahildir. Bu belirlemelerle hangi elemanın değiştirilmesi veya geliştirilerek enerji tasarrufuna katkıda bulunulabileceğine ilişkin veriler oluşturulmaktadır.

Enerji yönetiminin *ikinci adımı* ise sistem nasıl çalışıyor belirlenmesidir. Bu ise sistemin gerçek çalışma koşullarının belirlenmesine yönelik ölçümleri gerektirir. Bu ölçümler amaçlanan sonuçlarla karşılaştırılarak sistem verimliliklerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu değerler teorik veya tam yük verimliliklerinden çok farklı değerlerde olabilir. Sistem hangi koşullarda çalışmaktadır ortaya konmaktadır. Çalışma saatleri nedir? kontrol sistemlerindeki değişimler otomatik veya elle mi gerçekleştirilmektedir? Sistem hangi koşullarda çalışmaktadır ve tasarım veya seçim çalışma koşullarından farklılıkları nedir? Mühendis veya yönetici dışındaki operatör veya kullanıcılarla konuşarak bu çalışma biçimleri ve tasarım koşullarından ayrılıkları saptanmalıdır.

Eğer sistem tasarım koşullarında artık çalışmamakta ise bu değişimde hangi faktörlerin etkili olduğu ortaya konulmalıdır. Potansiyel nedenler arasında bina veya sistemdeki tadilat değişiklikleri veya sistem ve bakım yanlışları yer alır. HVAC sistemindeki değişiklikleri dikkate almadan binanın mimari veya yapısal bir değişikliği gerçekleştirilmiş midir? Binanın çalıştırma amaç ve biçiminde değişiklikler var mıdır? Düzenli bakım çalışmaları gerçekleştirilmekte midir? Planlı bir biçimde koruyucu bakım uygulanmakta mıdır?

Sonuç olarak sistemin başlangıç tasarım koşullarına getirilip getirilemeyeceği belirlenmelidir. Eğer pratik ise, sonraki geliştirmeler uygulanmadan gerekli bakım çalışmalarının yapılması daha yararlı olabilir. Bununla birlikte, bazı çok eski sistemlerin orijinal tasarım koşullarına getirilmesi girişiminin, zaman ve para kaybına neden olabileceği unutulmamalıdır.

Sistemin analizine devam etmeden önce, bina ve iklimlendirme sistemi ile ilgili gelecekteki değişim planlarının da göz önünde tutulması gereklidir. Binanın veya bina parçalarının yeniden modellenmesi planları var mıdır? Öngörülen değişimlerin etkisi nasıldır? Binanın kullanımı veya çalışmasında değişiklikler planlanmakta mıdır? Bu tür soruların yanıtları bulunmalıdır.

Her şeyin raporlanması (dökümanlarının saklanması) gereklidir. Yalnızca bu tür tam dökümanlara sahip olduğunda, sistem nelerden oluşmaktadır, nasıl çalışıyor, nasıl çalışmıştır, ne tür değişimler oluşmuştur, gelecekte ne tür değişimler olacaktır belirlenebilir, özel bina sistemlerine uygulanabilir enerji korunum tekniklerinin kazanımlarının değerlendirilmesi sağlanabilir.

6. İNSAN ISIL KONFORUNUN ENERJİ YÖNETİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Herhangi bir ısıtma, soğutma veya havalandırma sisteminden beklenen ana amaç insan ısı konforunu en yüksek değerlerde tutmaktır. Eysel veya küçük tip ticari iklimlendirme sistemlerinde kullanılan basit termostat kontrollü sistemlerle hava sıcaklığı belirgin değerlerde tutularak insan konforunun önemlice bu sıcaklığa bağlı olduğu inancıyla davranılır. Fakat insan konforu yalnızca bu durumla sağlanamaz. Isıl konfor gerçekte iklimlendirilen ortamda bulunanlarla onların çevre ortamları arasındaki ısı dengesini en iyi durumda oluşturmaktan geçer. İnsan vücudu çevre ortamla iletim, taşınım ve ışınım ile etkileşiminde bulunur ve bu ısı transferi işlemlerini etkileyen faktörlerin dikkate alınması gerekir ve vücut bu ısı transferleri etkisi ile terleme ve buharlaşmasıyla kendini soğutma yeteneğine de sahiptir.

Yaşam faaliyetlerinin hepsi metabolizma olarak bilinen bir proses olarak gıdaların yakılmasıyla ısı üretimi sağlar. Bu gıda enerji dönüşümünün yüzde 20'ler mertebesindeki bir kısmı yararlı işe çevrilirken kalanı ise ısı olarak yayılmak zorundadır. Bu durum insanların yaklaşık vücut sıcaklığı olan 37°C sıcaklığından daha soğuk bir çevrede niçin kendilerini daha konforlu hisseder sorusunun yanıtını bulmamızı kolaylaştırmaktadır.

Hava sıcaklığının yanında, nemlilik, hava hareketi ve çevre cisimlerin yüzey sıcaklığı insan vücudundan yayılabilir ısıda önemli bir etkiye sahiptir. 27°C sıcaklığının altında vücutlar genelde taşınım ve ışınım ile ısı kaybeder. Taşınım daha çok, hava sıcaklığı fakat ayrıca kuvvetli bir biçimde hava hızı ile etkilenir. Işınım ile ısı geçişi ise temel olarak vücudun relatif yüzey sıcaklığı ve çevre sıcaklığının bir fonksiyonudur. İletimle ısı transferi ise genelde ihmal edilir düzeydedir. Bunun nedeni giysiler nedeniyle çevre cisimlerle olan direkt temasın engellenmiş olmasıdır. 27°C'ın üzerindeki sıcaklıklarda temel ısı kaybı mekanizması ise terlemedir. Buharlaşma hızı, havanın sıcaklık ve nemliliğine bağlı olduğu gibi, buharlaşan nemin (terin) vücuttan taşınmasını sağlayan hava hızı ile de direkt bağlantılıdır.

Bunlara ilaveten giyilen giysilerin yalıtım etkisi ve yapılan insan aktivitelerinin cinsi de bu ısı yayılımını etkiler. Böylece ulaşılan ısı konforun derecesi hava sıcaklığının, nemliliğinin, hava hızının, çevre yüzeylerin sıcaklıklarının, aktivite düzeyinin ve giyilen giysilerin miktarının ve cinsinin bir fonksiyonudur.

Çevre koşulları serin ise insan termal konforunda en önemli etkenlerden birisi de çevrenin ışınım sıcaklığıdır. Çevrenin bu ışınım sıcaklığında 2,78°C değerindeki bir artışın, hava sıcaklığında 3,89°C değerinde azalma etkisiyle aynı konfor etkisini sağlayabileceği söylenebilir.

Eğer çevre koşulları ılık ise, hava hızı ve nemliliği daha önemlidir. Hava hızının artırılması durumunda çok ılık olma doğal sonucuyla karşılaşılır. Benzer biçimde hava sıcaklığındaki artış, bağıl nemliliği düşürecektir. Buna karşılık insan ısı konforu için genellikle öngörülen bağıl nemliliğin yaz aylarında yüzde 70'in üzerine çıkmaması ve kış aylarında ise yüzde 20'den az olmamasıdır.

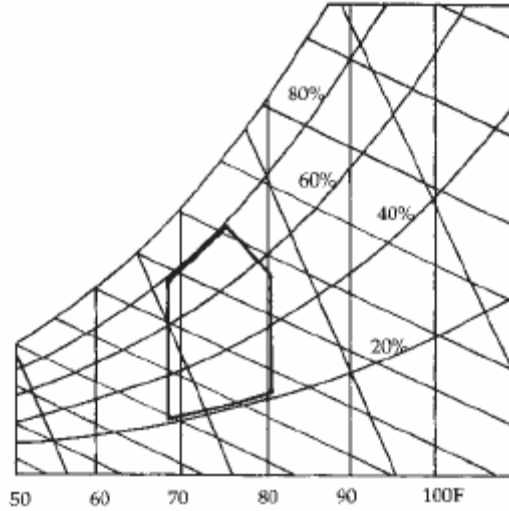
Hava sıcaklığına karşı, doğal olarak bir insanın tepkisi mevcuttur. Ancak bu tepkiyi etkileyen diğer faktörlerde mevcuttur. En dikkate değer konfor tepkisi hava sıcaklığındaki zamanla olan değişime karşı olan tepkidir. Bu sıcaklık değişim hızı 0,5°C/h değerinin üzerindeyse sonuçta insanlar kendini konforsuz hissedebilmektedir.

Ayrıca önemli konforsuzluk nedenlerinden birisi de sıcaklık tabakalaşmasıdır. ve bir binada oturan hacimlerdeki sıcaklık değişimi 3°C'tan daha yüksek değerlerde ise bu konforsuzluk hissedilir.

İklimlendirme sistemleri için modern kontrol sistemlerinde, hava sıcaklığının dışında nem kontrolörü (humidistat) kullanımı ile nemlendirme ve diğer psikrometrik işlemlerin nemlilik yönünden kontrol altında tutulması da sağlanmaktadır. Bununla birlikte, en güncel kontrol sistemleri "işletme sıcaklığını" ölçebilir. İşletme sıcaklığı gerçek çevre ortamın ışınlama ve taşınım etkilerini dikkate alan hava sıcaklığıdır. Diğer bir yararlı büyüklük ise "efektif sıcaklık" olup, nemlilik ve ışınlama etkilerini dikkate alarak hesaplanan sıcaklık değeridir.

Hava dağıtım cihazlarının yeri ve tipleri de ısı konforuna ulaşmada, etkili bir kontrol için eşit öneme sahip bir rol oynar. Sıcaklık tabakalaşması nedeniyle oluşan konforsuzluk hacim içinde havanın uygun dağıtımı ile ortadan kaldırılabilir.

Genel olarak ifade edilirse, ısı konforuna hava sıcaklığının 20°C ile 26,67°C arasında olduğu ve bağıl nemliliğin % 20 ile % 70 arasında olduğu ve değişen hava hızları ve ışınlama yüzey sıcaklıkları altında ulaşılmış olabilir. Şekil 2.'de genelleştirilmiş bir "konfor bölgesi"ni (comfort zone) psikrometrik diyagramda belirtilen sınırlarla göstermektedir. Bununla birlikte unutulmaması gereken insan ısı konforu sıcaklık, nemlilik, hava hareketi, yerel çevreden ısı ışınlama, aktivite düzeyi ve giyilen elbise miktarının karmaşık bir fonksiyonudur [7].



Şekil 2. Isıl konfor bölgesi (zonu) [7].

7. HVAC SİSTEM TİPLERİNİN VERİMLİLİK VE ENERJİ KORUNUMU YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Binaların ısıtılması ve soğutulması için kullanılan sistemlerin enerji verimliliği çok değişik değerler alabilmektedir. Ancak genelde sistem birleşiminin detaylarının bir fonksiyonudur. Isıtma ve soğutma işlemlerine uğrayan çalışma akışkanı, bu enerjinin dağıtımı ve ısıtma veya soğutma etkilerinin kaynağı, bu sağlanan enerji miktarını ve verimliliğini etkiler. Sistem verimliliği ayrıca büyük oranda kontrolün etkinliğine bağlıdır ve bazen sistemi verimsiz kılabilir.

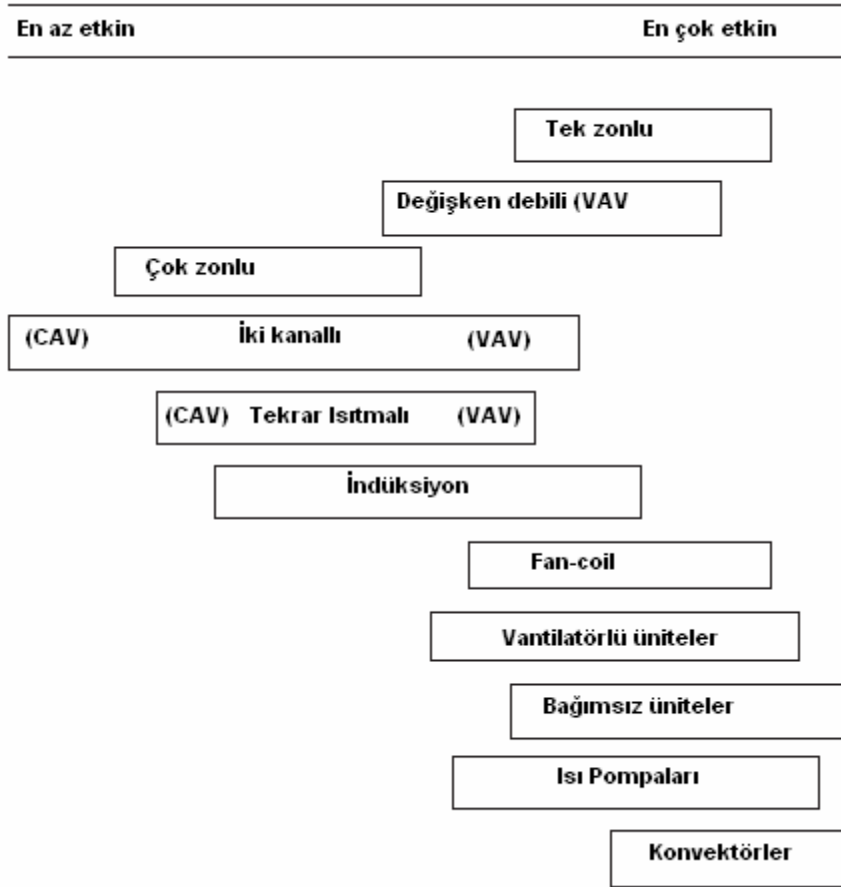
HVAC sistem tipleri enerji verimliliklerine göre yüksek verimlilikli, orta verimlilikli veya genellikle verimsiz olarak sınıflandırılabilir. Bu terminoloji, bu tür sistemlerin karşılaştırmalı enerji gereksinimlerinin gerçekleştirilmesi durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu sınıflama verimsiz olan sistemlerin enerji gereksinimlerinin fazla olması ve enerji maliyetlerinin yüksekliği anlamını taşıırken, verimli olan sistemlerde enerji gereksinimi ve maliyetleri düşüktür.

Bununla birlikte her tipte yer alan değişik sistemlerin verimlilikleri geniş bir bandı kaplamakta olup, bazen orta verimlilik ve hatta yüksek verimliliğe yakın verimlilikler sergileyebilirler.

Şekil 3.'de yaygın kullanılan HVAC sistemlerinin bu karşılaştırmalı verimlilikleri gösterilmiştir. Her bir sistem tipinin gerçek enerji gereksinim bölgesi sistemin nasıl bileşenlendirildiği ve yerleştirildiğinin de dahil olduğu değişik tasarım ve uygulama değişkenlerine ve sistem nasıl kontrol edilmekte ve çalıştırılmaktadır buna da bağlıdır.

Herhangi bir HVAC sistem tipinin verimliliğini maksimize edebilmek için en önemli noktalar, verimli cihazların seçimi, dağıtım için enerji gereksinimini minimize etmek ve çalışma akışkanının arka arkaya ısıtma ve soğutulmasından sakınmaktır. eşit önemde olan kontrol sisteminin, direkt olarak sistemin değişken parametrelerini kontrol etmesidir.

HVAC sistemlerinin birçoğu zonlara sahiptir ve binanın değişik kısımları değişik iklimsel ve/veya iç ısı yüklerine sahip olup bu zonlara ısı sağlanabilir veya ısı çekilebilir. Bu özellikte enerji kullanımının zonlara yönlendirilmesini zorunlu kılar.



Şekil 3. İklimlendirme sistemlerinin bağıl verimlilikleri [7].

8. ENERJİ KORUNUM OLANAKLARI

Herhangi bir enerji yönetim programının ana amacı “ *enerji tasarrufu olanakları (odakları) (ETO)*”nın gösterilmesidir ve sonuç olarak maliyetlerde tasarrufa gidilmesidir. Ancak önemli bilinen bir özellikte HVAC sisteminin ana amacı ise insan ısı konforunu sağlamak veya bazı özel prosesler için eşdeğer çevre koşullarının sağlanmasıdır.

Bu nedenle her bir ETO için iç hava kalitesine, nemliliğine ve ısı konfor standartlarına, hava hızı ve havalandırma gereksinimlerine ve hava basınçlandırma gereksinimlerine bakılarak değerlendirmelere gereksinim duyulur.

8.1 Isıl Konfor, Hava Kalitesi ve Hava Akışı

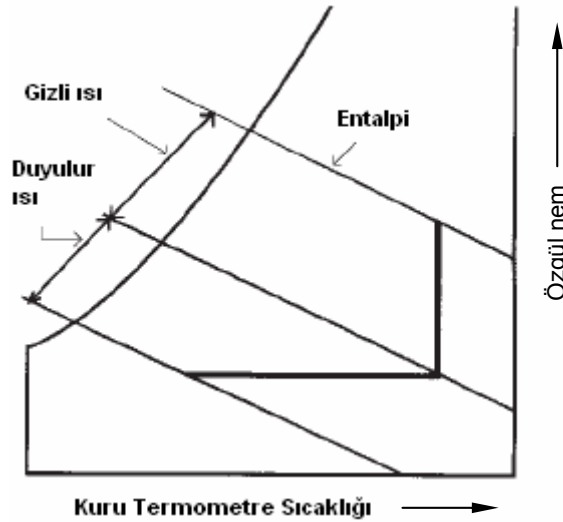
Enerji verimliliğini artırmak amaçlı ısı konfor, hava kalitesi ve hava akışı gereksinimlerini dikkate almaksızın herhangi bir HVAC sisteminde yenileme veya değişikliklere gidilmemelidir.

8.1.1 Isıl Konfor

HVAC sisteminin modifikasyonunda yapılan en önemli yanlışlardan birisi kuru termometre sıcaklığının değiştirilmesiyle enerji korunumu sağlanmasının amaçlanmasıdır. Bilinmelidir ki ısıtma ve soğutma mevsimlerinde ısı konforun sağlanmasında en önemli etken kuru termometre sıcaklığı değildir. Soğutma mevsiminde ısı konfor daha çok direkt olarak hava hareketi ile etkilenir ve bulunulan ortamda artan hava akışı veya hava hareketinin artırılması ile soğutma için gereken enerji azalır. Isıtma mevsiminde ise ısı konfor daha çok ışınlama ile ısınma etkileriyle ilişkilidir.

Buna bağlı olarak zorlanmış havalı ısıtmadan ışınlama ile ısıtmaya olan değişim, enerji gereksinimini azaltırken ısı konforun iyileşmesini sağlayabilmektedir.

Çevre koşullarının değişimi ile ilgili toplam enerji veya entalpi, duyulur ısı ve gizli ısı bileşenlerini taşımaktadır. Duyulur ısı kuru termometre sıcaklığını artırmak için gerekli olan enerjidir. Nem miktarının değişimi ile ilgili enerji ise gizli ısı olarak bilinir (Şekil 4.) [5].



Şekil 4. Duyulur ısı ve gizli ısı [5].

Duyulur ısı veya soğutma gereksinimlerini azaltan HVAC sistemi tasarımı veya çalışmasındaki değişimler herhangi bir enerji korunum avantajı dengelemesini sağlayan gizli ısı ve soğutma gereksinimini artırabilir. Bu yalnızca ekonomizer çevrimleri için kısmen doğrudur. Soğuk fakat nemli dış havanın bir ekonomizer çevriminde değerlendirilmesi, eğer nem alma gereksinimi artarsa enerji kullanımını artırır. Bu nedenle en kabul gören ekonomizer kontrolü entalpi kontrolü olup, gizli soğutma gereksinimi duyulur soğutmadaki tasarrufu aştığı zaman, ekonomizerin çalışmasına engel olur [15, 7]

8.1.2 Hava Hızı ve Akışı

Enerji tasarrufu olanaklarında hava hızı ve akışı önemsenmelidir, her ikisinin de insan ısıl konforunda etkisi önemlidir. Hava akışını azaltan ETO önerileri ısıl konforu azaltıcı etkiler oluşturabilir. En önemli ve unutulmaması gereken havalandırma kodlarında (veya standartlarda) belirtilen dış hava gereksinimini sağlayan hava akışının altına hiçbir zaman düşülmemesidir.

Tamamen havalı veya hava-sulu HVAC sistemlerinin tasarımı, sağlanan havanın hacimlere dağıtılmasını gerçekleştirmenin yanında, hayli karmaşık özellikleri mevcuttur. Tüm sistemin her bir hacme gerekli şartlandırılmış dağıtımları yapabilmesi için, hava akışının çok mükemmel dengelenmiş olmasının sağlanması gerekir. Bu hacimlerde yalnızca ısıl yüklerin dengelenmesi için değil aynı zamanda uygun basınçlandırma için de gereklidir. Genel pratikte, sağlanan hava, dönüş havasından fazla tutulursa pozitif basınçlandırma sağlanmış olur. Benzer biçimde negatif basınçlandırma için egzoz veya dönüş havası akışı sağlanan hava akışından fazla tutulur. Bu ise hacimdeki mevcut üretilen kirleticilerin uzaklaştırılması gereken steril ortamlar için gerekliliktir. Sağlanan taze hava ve dönüş havası gereksinimlerindeki herhangi bir değişikliğin sistemin tekrar dengelenmesini gerektirdiği unutulmamalıdır.

8.1.3 İç Hava Kalitesi

ETO uygulamalarında sıklıkla ihmal edilen diğer bir faktör iç hava kalitesi üzerinde sistem değişimlerinin etkisidir. İç hava kalitesi gereksinimleri genel olarak tamamıyla havalı ve havalı-sulu sistemlerde havalandırma ve filtreleme ile sağlanır. Dış hava miktarları önemli miktarda azaltıldığında, iç hava kalitesi üzerindeki etkisi bilinmemektedir ve belirginleştirilmesi gereklidir. Kirletilmiş bir çevrede, dış hava miktarının artırılması, örneğin ekonomizer çevriminde, filtreleme gereksinimini artıracak ve sonuçta iç hava kalitesinin bozulması gerçekleşecektir.

Şartlandırılan hacme hava akışının azalmasını oluşturan VAV sistemlere dönüşüm gibi uygulamalarda dolaşan iç havanın filtrelenmesi de azalacak ve bu da iç hava kalitesinin bozulmasına neden olacaktır.

8.2 Bakım

Herhangi bir mevcut HVAC sisteminin incelenmesine başlanacağında koşulların ve sistemin bakımının değerlendirilmesi gerekir. Uygun olmayan bakımlar sistem verimsizliğinin ana nedenidir. Sistem enerji etkin olarak tasarlanmış ve hatta bazı ETO belirlenip sistemde iyileştirmelere gidilmiş olabilir, ancak sistem bakımındaki olumsuzluklar, HVAC sisteminin enerji-etkin modda uzun süre çalışma fonksiyonunu kaybettirir.

Sistem, cihaz ve ekipman bakımlarına özel önem verilmesi gereklidir. Kontrol sistemleri fonksiyonlarını yerine getirir özellikte olmalıdır. Termostatlar özel olarak kalibre edilmiş olmalıdır. Zaman saatleri, geri besleme cihazları ve otomatik kontrol sistemleri çalışır ve eksiksiz özelliklerde olmalıdır. Yataklar iyi kalitede ve kayış kasnak mekanizmaları iyi kalitede ve gerginlikte olmalıdır. Yataklar ve diğer hareketli parçalar uygun yağların kullanımı ile yağlanmalıdır. Yağlayıcı seçimi sistem verimliliğinde önemli bir etkiye sahiptir. Oluşan kirlilikler, özellikle de ısı transfer yüzeylerindeki, örneğin hava soğutmalı kondenser serpantinleri, periyodik olarak giderilmelidir.

Filtreler temizlenmiş olmalı veya kirlenmesini beklemeden yenileriyle değiştirilmelidir. Kirli filtrelerin fan gücünü artırdığı ve hava geçişini azalttığı unutulmamalıdır. Eğer düzenli ve koruyucu bakım sistem üzerinde gerçekleştirilmemiş ise, diğer uygulanabilir ETO yenilikleri yapılmadan önce gereken bakımlar tamamlanmalıdır.

8.3 Enerji Talep Yönetimi

Talep yönetimi, pik elektrik yükünün oluştuğu zamanlarda minimize edilmesi için kapatma veya cihaz çalışmasını ertelemek uygulamalarının sistem içinde değerlendirilmesidir. Bu strateji gereksinim duyulmadığı süreçlerde HVAC cihaz gereksinimlerini azaltmak veya kapatmak biçiminde genişletilebilir. En genel HVAC sistemleri için talep yönetimi stratejileri “*planlı çalışma*” ve “*gece geri bıraktırma*” uygulamalarıdır.

8.3.1 Planlı Çalışma

Enerji israfının en önemli nedenlerinden birisi gereksiz çalıştırmadır. Enerji etkin cihaz, eğer çalıştığında gereksiz olan fazla enerjiyi değerlendirenlerdir. Büyük ve geniş sistemlerde gereksiz çalışma durumlarında cihazların kapatılması kontrol edilmelidir. Binanın geniş bir merkezi sistem olması durumunda, belirli bir hacimdeki HVAC gerekliliği, tüm sistemin çalışmasını zorunlu kılabilir. Bazen özel alanlarda yerel paket sistemlerin yerleştirilmesi, büyük sistemlerin gereksiz çalışmasını önler. Gerçekte paket sistemler, merkezi bina sistemlerine göre daha az verimli olsa da bu önlem gerekli tasarrufu sağlar.

Egzoz fanları, toz kolektörleri ve diğer bazı küçük cihazlar özel odalar için sıklıkla sürekli olarak çalıştırılırlar. Bu cihazların da yerel açma-kapama yerine kontrol sistemleriyle çalıştırılıp durdurulması sağlanmalıdır.

Örneğin, nadiren kullanılan bir depo odasının havalandırma fanı veya aydınlatma sistemi hareket sensörü ile çalıştırılıp durdurulabilir. Zaman saatleri (timer) de bu amaçla kullanılabilir. Egzoz fanlarının merkezi sistem kapatıldığında devre dışı olmaları sağlanabilir. Binanın kullanılmadığı, genelde gece periyodunda merkezi iklimlendirme sisteminin kapatılması önemli bir enerji tasarrufu sağlar. Çok karmaşık bilgisayarlı kontrol sistemleri kullanılmıyor ise basit zaman saatleri ile bu çalışma planlanabilir. Hatta gerekli ise gece veya hafta sonu periyotlarında sistem en az soğutma sağlayacak biçimde çalıştırılabilir ve egzoz fanları ve temiz hava havalandırması bu kullanılmayan zamanlarda kapatılabilir.

Bazı cihazlar yük karşılama, kısa aralıklarla kapama ve açma periyotlarında, daha uyumludur. Isıtma ve soğutma cihazları önemli iki örnek olarak verilebilir. Örneğin hacim ısıtmada 30 dakikaya kadar olan ara vermelerde ısıl konfordan önemli bir kayıp olmaksızın gerekli yükün karşılanabilmesi olanaklıdır.

Hava koşullarının aşırı (ekstrem) hallerinde, kısa periyotlarla dış havanın azaltılması ısıtma ve soğutma verimliliklerini artıracaktır. Bu konu aşırı ısıtma (*warm-up*) ve aşırı serinletme (*cool down*) başlığında yeniden tartışılacaktır.

Bilgisayarlı kontrol sistemleri artan pik yüklü sistemlerin sürekli çalıştırılmasında genelde geniş (yaygın) ve dağıtılmış paket cihazlı sistemlerde çekicidir.

Yine sistemlerde ısı ve soğuk depolanması ve pik yüklerde kullanımı, ana sistemden anlık ısıtma ve soğutma gereksinimini bu esnada azalmasını sağlayacaktır. Bunun sağlanması için geliştirilen sistemler mevcut olup, başarılı bir uygulama için cihazların kapasite ve üretimlerinin ve günlük yük dağılım profillerinin bilinmesi ve ısıl depolama sisteminin bu verilerle uygulanabilirliğinin ortaya konulması gerekmektedir. Bu tür ısı veya soğuk depolamalı sistemler elektrik tarifelerinin gece ve gündüz periyotlarında farklı olduğu ülkelerde de özellikle çekici olmaktadır.

8.3.2 Gece Geri-ayarlıma

Gece geri ayarlıma uygulamasının prensibi, gece periyodunda iç sıcaklıkları doğal marjinal değerlere geri getirerek (ayarlayarak) şartlandırma sağlamak için gerekli enerjiyi düşürmek ve sabah saatlerinde de normal değerlere getirmektir. Elektrikli ısı pompalarında gece geri-ayarlıma daimi enerji korunumu sağlayacaktır. Tasarruf edilen enerji bu durumda:

$$E = \left[(A_{per} \cdot U) + Q_{vent} \right] \cdot \Delta T \cdot t_{hr} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada,

- E : Tasarruf edilen enerji, [W]
 A_{per} : Çevresel kısımların ısıtma yüzey alanı, [m²]
 U : Isıl çevrenin efektif toplam ısı transfer katsayısı, [W/(m².°C)]
 Q_{vent} : Havalandırma yükü, [W/(h.°C)]
 ΔT : Gece geri ayarlama sıcaklık farkı, [°C]
 t_{hr} : Isıtma sezonundaki kullanılan saatler, [h] birimlerindedir.

Orta iklim bölgelerinde, günde 10 saat bulunulan ortamlarda küçük ısı kütelli binaların ısıtma enerjisinin % 40'ı düzeylerinde enerji tasarrufu sağlanması olanaklıdır. Tasarruf edilen miktar elektrik enerjisi fiyatlarıyla direkt bağlantılıdır.

Elektrik enerjisi maliyetleri gece ve gündüz tarifeleri nedeniyle farklılaşabilmektedir. Eğer iklimlendirilen bir bina gece esnasında (kapatılıp) ısınmasına müsaade edilirse, sabah saatlerinde gündüz elektrik enerjisi fiyatlarından yeniden soğutulmak zorundadır; bu ise gece geri ayar dolayısı ile binanın tüm gece soğutulmasının maliyetinden de yüksek olabilecektir.

Benzer biçimde daha enerji etkin bina, gece geri ayarlamasından daha az enerji tasarrufu sağlayacaktır ve bu seçenek yatırım yönünden daha az kabul görecektir. Gece geri ayar, soğutma için en iyisinden marjinaldir ve bina küçük ısı kütlesi ve önemli infiltrasyon ısı kayıplarına sahip olmadıkça yalnızca ısıtma için çok fazla olmayan iyi çalışma mevcuttur.

Gece geri ayar kabul edilebilir bir seçenek olduğunda, ikinci soru: “Sistem nerede kapatılmalı?” veya “Termostat ayar noktası aşağıya veya yukarıya basitçe ayarlanabilir mi?” sorularıdır. Bu basit olarak yanıtlanabilecek bir soru değildir. Yanıt, sistem geri ayarlanacak zamana ve eğer sistem kapatıldığında ne kadar sıcaklık değişimi geręekleřeceđine bağlıdır. Sistemin kapatılmasının nemlilik ve basınç gereksinimlerine, hava kalitesi açısından etkileri de diğer bir soru olarak ortadadır.

8.3.3 Aşırı Isıtma ve Aşırı Serinletme

Gece geri ayarlama ile bir bina çalıştırıldığında bina şartlandırılmasının son kişi ayrılıncaya kadar sürdürülmesi gereksizdir. Fakat sistem sabahları tekrar başlatılmalıdır, bu nedenle iş gününün başlangıcından önce optimum koşullara ulaşılmalıdır. Öğleden sonra uygun kapatma zamanının belirlenmesi zor bir belirleme olmamakla birlikte, sabahları aşırı ısıtmak (veya aşırı soğutmak) belirli bir zaman ve enerji gerektirecektir.

Bir binanın tekrar şartlandırılmasında gece geri ayar sonrasında en iyi yaklaşımlardan birisi, bir optimum –zaman başlatıcısının kullanılmasıdır. Bu mikroprosesör temelli termostat dış ve iç sıcaklıkları ayar noktaları ile karşılaştırır. Bu sistem ayar noktası temelli önceki verilere dayanarak binanın tekrar şartlandırılmasının ne kadar zaman alacağını belirler ve ayar noktası sıcaklığına zamanında ulaşabilmek için, uygun zamanda sistemi açık hale getirir. Zaman saatleri binanın şartlandırılması için uygun zamanda ve hatta çok soğuk sabahlarda bile, sistemi ağmak üzere ayarlanmıştır.

Optimum zaman başlama cihazı, dış hava sıcaklıklarının ortalama değerlerde olduğu zaman, aşırı ısıtma olan günlerin yarısından fazlasında tasarruf sağlar.

İkinci bir aşırı ısıtma ve aşırı serinletme esnasında enerji tasarrufu yöntemi “aşırı ısıtma/aşırı serinletme” çevrimidir. Bu çevrimde sistem bina dönüş havasını dolaştır ve bu işlem ayar noktasının bir iki derece içinde yakınına ulaşılıncaya kadar sürdürülür. tasarruf edilen enerji, dış havalandırma havasının ısıtılması veya serinletilmesi için gereken miktarda olacaktır. Dış havalandırma havası özelde insanlar için temiz hava gerksinimini sağlarken, aşırı ısıtma veya aşırı serinletme esnasında bu havanın azaltılmasının veya tamamen kesilmesinin çok fazla olumsuz etkisi yoktur.

Bununla birlikte modern bina kodları, tüm havalandırmanın kesilmesini doğru bulmaz, bina gerçekten kullanılmıyor konumdayken bu yapılabilir.

Aşırı ısınma/aşırı serinletme çevrimleri, ikinci bir üstünlüğü de ekstrem havalarda sağlar. Cihazların ısıtma ve soğutma kapasiteleri bu ekstrem sıcaklıklarda yeterli olmadığı süreçte havalandırma havası kapatılarak aşırı ısınma/aşırı serinletme çevrimi ile istenen iç koşullara (ayar noktasına yakın koşullara) ulaşma sağlanır. Bu durumda sistem sürekli olarak çalışacak ve bu uygulama enerji tasarrufu sağlamayacak ancak ilave enerji kullanılmaksızın ısıl konfora yaklaşılmaya çalışılacaktır (hava kalitesinde olumsuzluk oluşabilir).

9. SOĞUTMA GRUPLARININ ENERJİ KULLANIMLARININ AZALTILMASI

Soğutma sistemlerinin enerji kullanımını azaltmak için, cihazın enerji verimliliğinin tam yük ve kısmi yük koşullarında geliştirilmesi gereklidir. Genellikle, soğutma sistemleri enerji verimliliği gelişimi aşağıdaki yöntemlerden birisi ile sağlanır.

- Mevcut soğutma sisteminin, daha enerji etkin olanıyla değiştirilmesi.
- Soğutma sisteminin mevcut çalışma kontrollerinin geliştirilmesi.
- Alternatif soğutma sistemlerinin kullanımının sağlanması.

Bir soğutma sisteminin yenilenmesiyle sağlanan enerji tasarrufu, basitleştirilmiş ve genel bir eşitlik olarak:

$$\Delta \dot{Q}_C = \left(\frac{\dot{Q}_s \cdot N_{h,c} \cdot LF_c}{SEER} \right)_e - \left(\frac{\dot{Q}_s \cdot N_{h,c} \cdot LF_c}{SEER} \right)_r \quad (2)$$

eşitliği ile verilir. Burada e ve r alt gösterimleri soğutma ünitesinin önceki ve yenileme sonrasındaki büyüklükleri göstermektedir. $SEER$, ünitenin mevsimsel etkinlik oranı, \dot{Q}_s , sistemin belirlenen kapasitesi, $N_{h,c}$ ise eşdeğer soğutma tam yükte çalışma süresi (h), ve LF_c , ölçülen yük faktörü (pik soğutma yükü ölçümünün, cihazın ölçüm kapasitesine oranı) ki bu değer soğutma ünitesinin aşırı boyutlandırılmasını dengeler.

Yenileme sonrasında yalnızca $SEER$ değişiyor ise, enerji tasarrufu miktarı $\Delta \dot{Q}_C$:

$$\Delta \dot{Q}_C = \dot{Q}_s \cdot N_{h,c} \cdot LF_c \cdot \left(\frac{1}{SEER_e} - \frac{1}{SEER_r} \right) \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Aşağıda soğutma sistemleri ile ilgili bazı genel iyileştirmeler açıklanacak ve bunlarla gerçekleştirilen enerji tasarrufları örneklenecektir.

9.1 Su Soğutma Grubu (Chiller) Değişimi

Mevcut bir su soğutma grubunun yeni ve daha etkin birisiyle değişimi ekonomik olabilmektedir. Son yıllarda su soğutma grubu teknolojilerinde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Örneğin, iki kompresörlü, değişken devirli santrifüj, scroll kompresörlü su soğutma grupları gibi. Bu soğutma gruplarının tipik özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- **Çoklu kompresörlü su soğutma grupları:** Pistonlu, vidalı veya santrifüj tiplerde uygulanabilmektedir ve soğutma kapasiteleri 100 ile 7000 kW aralığında olabilmektedir. Bu gruplar kısmi yükte çalışma koşulları altında enerji etkin çalışmaktadır. Bazı çalışmalarda görülmüştür ki çoklu kompresörlü soğutma grupları, tek kompresörlü gruplara göre % 25'leri bulan enerji tasarrufları sağlayabilmektedir.
- **Değişken devirli kompresörlü soğutma grupları:** Genelde santrifüj kompresörlüdür. Değişken devirli motor kullanımı ile değişken basma basıncı üretilmektedir ve bu yüzden pik yükün altında çalışılan büyük sürede soğutma yükleri ve verimlilikler çok iyi değerlerdedir. tipik kapasiteler 500 ile 2500 kW aralığındadır. Araştırmalarda belirtilen soğutma enerji kullanımı gereksiniminin % 50'ler mertebesinde azaldığıdır.
- **Scroll kompresörlü su soğutma grupları:** İki ana bileşen, yörüngesel dönen ve sabit scroll arasında gerçekleştirilen dönel bir sıkıştırma soğutucu akışkanın sıkıştırılmasını sağlar. Scroll kompresörler, santrifüj kompresörlere göre daha enerji etkindir, emme gazları ve çıkış arasında ısı kayıpları azaltılmıştır. Scroll kompresörlerin soğutma etkinliği katsayısı COP_R , değerleri 3,2 değerlerini aşabilmektedir.

Aşağıdaki mevcut bir soğutma grubunun yüksek enerji etkin bir başkasıyla değiştirilmesiyle sağlanan tasarrufun maliyet analizi ile ilk yatırımının değerlendirilmesiyle ilgili bir örnek verilmektedir.

Örnek 1: Mevcut bir soğutma grubu, 800 kW kapasitesinde ve ortalama mevsimsel enerji etkinlik oranı $SEER_e$, 3,5 değerindedir. ve aynı kapasitede ancak ortalama mevsimsel enerji etkinlik oranı, 4,5 olan yeni bir soğutma grubu ile değiştirilmek istenmektedir. Elektrik fiyatını 0,07 \$/kWh ve yeni soğutma grubunun maliyet farkı 15000 \$ ise, su soğutma grubunun eşdeğer tam-yük çalışma saatleri 1000 h/yıl önce ve değiştirme sonrasında aynı değerde ise, su soğutma grubu değişimi için basit geri ödeme süresini (simple pay-back period: SPB) belirleyiniz.

Çözüm:

Bu örnekte yenileme öncesi ve sonrasındaki mevsimsel enerji etkinlik oranı: $SEER_e=3,5$ ve $SEER_e=4,5$ ve diğer değerler $N_{h,c}=1000h/yıl$, $\dot{Q}_s = 800 kW$, ($LF_c=1,0$, su soğutma grubunun doğru boyutlandırıldığı varsayılmıştır). Enerji tasarrufu miktarı (3) eşitliğinden:

$$\Delta \dot{Q}_c = \dot{Q}_s \cdot N_{h,c} \cdot LF_c \cdot \left(\frac{1}{SEER_e} - \frac{1}{SEER_r} \right) = (800 kW) \cdot (1000 h / yıl) \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1}{3,5} - \frac{1}{4,5} \right)$$

$$\Delta \dot{Q}_c = 50800 kWh/yıl \text{ bulunur.}$$

Basit geri ödeme süresi bu yüksek verimlilikli su soğutma grubu yatırımı için:

$$SPB = \frac{15000 \$}{(50800 kWh / yıl) \cdot (0,07 \$ / kWh)} \cong 4,2 \text{ yıl bulunur.}$$

Bu sonuç, bu yatırımla ilgili ömür boyu maliyet analizi (*life-cycle cost analysis*) yapılması gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

Bazı durumlarda soğutma sisteminin parçalarının değiştirilmesine gereksinim duyulur. Yeni çalışma akışkanlarının geliştirilmesi, her geçen yıl soğutma teknolojisine kazandırılabilir. Bu soğutucu akışkanların çalışabileceği eleman ve bileşenlerin değiştirilmesi gerçekleştirilebilir. Örneğin R-11, R-12 soğutucu akışkanlı sistemlerin yenilenmesinde bu süreç yaşanmıştır. Yeni çalışma akışkanlarında kapasitelerin özellikler nedeniyle düşmesi söz konusudur.

Bazı durumlarda, bu elemanlardaki iyileştirmeler de su soğutma grubu sisteminin verimliliğini geliştirebilir. Mevcut bir soğutma grubunda verimlilik gelişimi için uygulanabilecek stratejilerin bazıları aşağıda verilmiştir.

- Daha etkin ısı transferi için, buharlaştırıcı (evaporatör) ve yoğuşturucu (kondenser) yüzey alanlarının artırılması.
- Kompresör verimliliğinde ve kontrolünde geliştirmeler.
- İç soğutucu akışkan borularının, daha düşük sürtünme kayıpları için büyütülmesi.
- Yoğuşturucu suyunun ozonlanma gibi şartlandırılmasının iyileştirilmesi, kirlilik birikiminden ve biyolojik birikimden sakınmak için gereklidir.

Aşırı boyutlandırmayla karşılaşılan diğer bir problem de, soğutma sisteminin değişiminin zorunluluğudur. Mevcut su soğutma gruplarının bir çoğu kısmi yük koşullarında bile pik soğutma yükünden hayli soğutma kapasitelerine sahiptir ve düşük verimlilikte ve böylece artan çalışma süresi ve bakım maliyetlerine de sahiptir. eğer aşırı boyutlandırılmış su soğutma grupları 10 yıldan eski ise, daha küçük ve daha enerji etkin çevre dostu CFC soğutkanları içermeyen yenisiyle değiştirilmesi ekonomik olmaktadır.

Aynı süreç yeni teknolojik su soğutma grupları ile mevcut nispeten eski sistemler için de gerçekleştirilebilir, böylelikle yenileme ekonomik analizleri bu amaçla gerçekleştirilerek karar verme amaçlı kullanılabilir.

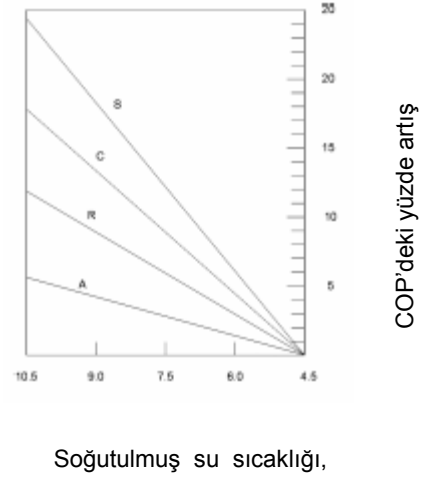
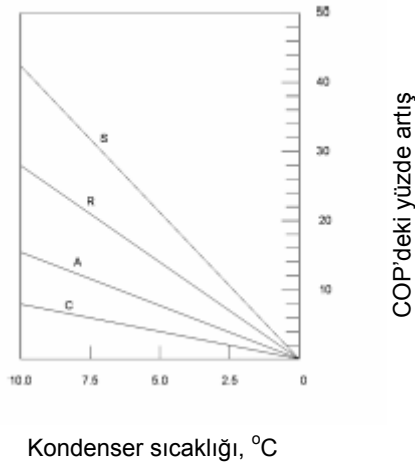
9.2 Su Soğutma Grubu Kontrol Gelişimleri

Mevcut bir soğutma grubunu değiştirmeden önce, alternatif soğutma sistemlerinin dikkate alınması veya basit çalışma koşullarında değişikliklerle enerji verimliliğini geliştirmek dikkate alınmalıdır.

Bazı alternatif soğutma teknolojileri sonraki bölümde verilecektir. Diğer seçenek otomatik kontrol kullanımında geliştirmeler gerçekleştirilmektir.

- Soğutma yükünü karşılayan, soğutulmuş suyu yüksek sıcaklıkta sağlamak.
- Yoğuşturucuya (kondensere) su sağlama sıcaklığının (su soğutmalı kondenserler için) dış hava yağ termometre sıcaklığı daha düşük değerlerde iken azaltılması.

Su soğutma grubunun verimliliği yalnızca soğutma yüküne bağlı değil, soğutulmuş su sıcaklığına ve kondenser su sıcaklığına bağlıdır. Ters Carnot verimliliği göstermektedir ki, kondenser sıcaklığı T_H azaltıldığında veya evaporatör sıcaklığı T_L artırıldığında soğutma etkinliği katsayısı COP artmaktadır. Tipik su soğutma gruplarında azalan kondenser su sıcaklığının sistemin COP soğutma etkinliği katsayısına etkisi Şekil 5.'de ve COP soğutma etkinliği katsayısının artan su sıcaklığı ile artışı Şekil 6.'da gösterilmiştir [6].



A : Absorpsiyonlu su soğutma grubu
 C : Santrifüj su soğutma grubu
 R : Pistonlu kompresörlü su soğutma grubu
 S : Vidalı kompresörlü su soğutma grubu

Şekil 5. Su soğutma grubu soğutma etkinliği kondenser sıcaklığının etkisi [6]

Şekil 6. Su soğutma grubu soğutma katsayısına etkinliği katsayısına soğutulmuş su sıcaklığının etkisi [6]

Aşağıdaki örnekte soğutulmuş su çıkış sıcaklığının değişimiyle sağlanan tasarruf gösterilmektedir.

Örnek 2: Santrifüj bir su soğutma grubu 500 W kapasitesinde ve mevsimsel ortalama soğutma etkinliği katsayısı COP , 4,0 değerinde çalışmaktadır ve soğutulmuş su çıkış sıcaklığı $4,5^{\circ}\text{C}$ 'dir. Sisteme bir otomatik kontrol sistemi yerleştirilerek su çıkış sıcaklığının ortalama $2,5^{\circ}\text{C}$ daha yüksek olması sağlandığında gerçekleştirilecek tasarrufu belirleyiniz. Su soğutma grubunun eşdeğer tam yük çalışma süresi $N_{h,c}=1500$ h/yıl'dır.

Çözüm:

Şekil 6.'nın kullanımı ile santrifüj su soğutma grubunda çıkış su sıcaklığının $4,5^{\circ}\text{C}$ 'tan $7,0^{\circ}\text{C}$ değerine artırıldığında COP değerindeki artış % 8 olmaktadır.

Tasarruf edilen enerji kullanımı ise Eşitlik (3)'ün kullanımı ile $SEER_e=4,0$ ve $SEER_r=4 \cdot 1,08=4,32$ ve diğer değerler $N_{h,c}=1500$ h/yıl, $\dot{Q}_s = 500$ kW , ($LF_c=1,0$, su soğutma grubunun doğru boyutlandırıldığı varsayılmıştır). Enerji tasarrufu miktarı (3) eşitliğinden:

$$\Delta \dot{Q}_C = \dot{Q}_s \cdot N_{h,c} \cdot LF_c \cdot \left(\frac{1}{SEER_e} - \frac{1}{SEER_r} \right) = (500 \text{ kW}) \cdot (1500 \text{ h/yıl}) \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1}{4,0} - \frac{1}{4,32} \right)$$

$$\Delta \dot{Q}_C = 13890 \text{ kWh/yıl}$$

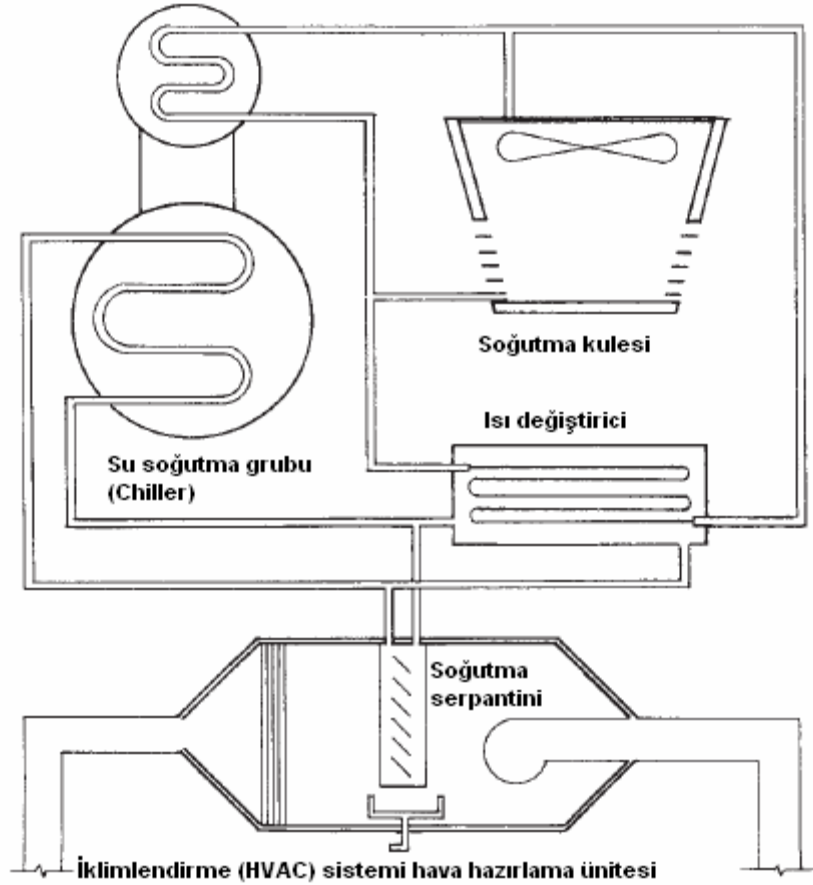
değerinde önemli bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.

10. ALTERNATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Mevcut soğutma sistemleri üzerindeki soğutma yüklerini azaltmak veya hatta tamamıyla ortadan kaldırmak için geliştirilen değişik alternatif sistemler ve teknolojiler mevcuttur. Bunların arasında bazıları aşağıda sıralanmıştır.

10.1 Su Tarafı Ekonomizerleri

Dış atmosferik hava koşullarının uygun olması halinde kullanılabilir. Soğutma grubunda üretilen soğuk suyun kullanılması yerine, soğutma kulelerinde soğutulmuş suyun, soğutma serpantinlerinde ve soğutulmuş su devrelerinde dolaşımı sağlanır ve mevcut su soğutma grubu bu periyotta çalıştırılmaz. Burada soğutma kulesi suyu kirleticiliği probleminin önlenmesi için suyun çok iyi şartlandırılması zorunluluğu vardır. Soğutma kulesindeki suyun kirleticiliğinin önlenmesi için bir başka uygulamada, ısı deştiiricide soğutma kulesinde soğutulan su ile soğutma suyunun hazırlanması gerçekleştirilerek kullanıma verilir. Bu tip bir uygulama Şekil 7.'de verilmiştir [5].



Şekil 7. Su tarafı ekonomizeri uygulama prensibi (şematik) [5].

10.2 Evaporatif (Buharlaşmalı) Serinletme

Sağlanan havanın içine su püskürtülmesi veya ıslak ortamlardan geçirilmesi yaş termometre sıcaklığına kadar soğutulmasını gerçekleştirmektedir. Direkt buharlaşmalı serinletme havanın serinletilmesini sağladığı gibi, nemliliğinin de artmasına neden olur. İndirekt buharlaşmalı serinletmede ise hava-hava ısı değiştiriciler kullanıldığı için, serinletilen havanın nemliliği artmamakla birlikte sistem daha düşük verimlilikte (ısı değiştirici nedeniyle etkinlik düşümü) çalışmaktadır ve direkt sistemlere göre daha maliyetlidir. Ayrıca ilave enerji kullanımları (fanların çalıştırılması için) ve önemli miktarda su tüketimleri de mevcuttur. Evaporatif serinletme genel iklimlendirme sistemlerinin yükünün azaltılmasında, kuru iklimlerin olduğu bölgelerde yıl boyunca veya limitli belirli periyotlarda kullanılır. Evaporatif serinletme sistemlerinin ortalama COP değerleri iklime bağlı olarak 10 ile 20 mertebelerindedir.

10.3 Kurutmalı (Desiccant) Serinletme

Evaporatif serinletmenin tersi olarak nem azaltılırken hava sıcaklığı artmaktadır. Bu kurutulan hava çevre havası ile temas ederek ısı değiştiricilerde ön soğutulmaktadır. Son olarak bu hava evaporatif serinletme tekniği ile birlikte kullanılarak serinletme gerçekleştirilmektedir. Buna ilaveten kurutmada (nem almada) kullanılan malzemelerin rejenerasyonu için ısıtılmış hava akımında bırakılması gerekmektedir. Bu sistemlerin değişik tipleri, örneğin döner tip olanlarında nem alma, ara temizleme, kurutma işlemleri dönen teker üzerindeki nem alıcı madde üzerinden değişik özellikte hava akımları ile sağlanabilmektedir. Kurutmalı serinletme daha çok endüstriyel uygulamalarda kullanılmış ve daha az da ticari sektörde kullanım alanı bulmuştur.

10.4 Aşırı Soğutma

Soğutma çevrimindeki kondenser çıkışında aşırı soğutma, soğutma kapasitesini artırmakta ve kompresör güç gereksinimini azaltmaktadır. Böylelikle soğutma sisteminin toplam verimliliği artırılmaktadır. Bunun için buharlaştırıcıya giren soğutkanın aşırı soğutulmasını sağlamak (entalpisini düşürmek) için bir ısı değiştiriciye gereksinim duyulur. Böylelikle soğutma kapasitesi de artırılmış olur. Uygulanan aşırı soğutma teknolojileri:

- Buhar sıkıştırılmalı sistemde emme-hattı ısı değiştiricisi kullanarak ısı çekimini sağlamak.
- İkinci bir buhar sıkıştırılmalı çevrim kullanarak ana çevrimdeki kondenser çıkışında bu aşırı soğutmaya sağlamak.
- Bir dış ısı kuyusu kullanmak. Isı çekimi örneğin küçük bir soğutma kulesi veya toprak soğutmalı su kapalı devresiyle gerçekleştirilebilir.

Soğutkan aşırı soğutma düşük ve orta sıcaklıklı soğutma sistemlerinde uzun zamandan beri kullanılan teknolojilerdendir. Günümüzde, bazı imalatçılar paket tip ve split sistemlerde iklimlendirme ve ısı pompası sistemlerinde aşırı soğutma teknolojilerini alternatif soğutkanlar kullanarak uygulayabilmektedir.

11. HVAC SİSTEMLERİNDE YENİLEMELER

Isıtma, havalandırma ve hava şartlandırma (HVAC) (İklimlendirme) sistemleri hava sıcaklığı ve nem düzeylerini insan aktiviteleri veya maddelerin üretim ortamları için uygun hale getirmeyi sağlayan ve kontrol eden yapıdadır. HVAC sistemlerinin işletme maliyetleri ticari binalarda ve bazı endüstriyel yapılarda çok önemli büyüklüklerdedir. Bu nedenle enerji yöneticileri uygulanan HVAC sisteminin karakteristiklerini çok iyi bilmek ve herhangi bir yenileme işleminde enerji tüketimlerini azaltıcı önerileri uygulama eğilimindedir.

11.1 Havalandırma

Havalandırma, bina içine dış havanın vantilatörler, kapılar ve pencerelerden istenen girişidir. Mekanik havalandırma ayrıca fanlar ve bloverlar için ayrıca enerji gerektirirken, doğal havalandırmada enerji gereksinimi yoktur. Havalandırma sistemi, hacim şartlandırma cihazında ısıtma ve soğutma yüklerini önemli miktarda etkiler ve değiştirir. Mekanik havalandırma ayrıca fan enerji gereksinimini de artırır. Havanın kirlendiği ortamlarda buhar, duman, gaz, toz, koku v.b. katılımların gerçekleştiği endüstriyel çalışılan veya yaşanan hacimler, üretim gereği ve insanların konfor talepleri gereği taze dış havaya gereksinim duyarlar. Enerji denetçisi öncelikle mevcut hacimlerde temiz hava kullanımını tahmin etmeli ve bu değerleri uygun standart ve kodlardaki gereklilik değerleriyle kontrol etmelidir.

Havalandırma gerekliliği oluşturan ve iç hava kalitesini bozan kirleticiler ve hacimlerdeki sınır değerleri "ASHRAE Fundamentals 1985" elkitabında verilmiştir.

Havalandırma ETO'nun uygulanmasında, havalandırma çok özel kontrol edilecek biçimde sistem tasarımıyla, hacim şartlandırma yükü en aza getirilirken, iç hava kalitesi kabul edilebilir düzeylerde tutulabilmelidir. Bu ETO dikkatlice uygulanmalıdır. Belirli kesin koşullarda (iklimlendirmede ekonomizasyon çevrimi veya geceye ait çalıştırma çevrimi ile binanın tüm elemanlarının soğutulmasıyla) havalandırmanın korunması veya artan havalandırma oranları daha ekonomik çalışma koşulları oluşturabilir.

11.2 Havalandırma Havaasının Azaltılmasının Enerji Tasarrufu Odağı (Önlemi) Olarak Değerlendirilmesi

İlk olarak enerji denetçisi mekanik sistem tarafından sağlanan mevcut havalandırma düzeylerini tahminlemelidir (bu değere doğal havalandırma, örneğin infiltrasyon dahil değildir). İzleme gazı tekniği bir odaya giren temiz havanın belirlenmesinde kullanılabilir. Kanallardan akan hava akımının belirlenmesi için önerilen uygun tekniklerden yararlanılır (Pitot tüpü, sıcak tel (hot-wire), anemometreler v.b.).

HVAC sistemi ile sağlanan havalandırma havaasının tahmin edilmesi için, enerji (entalpi) dengesi tekniği uygulanabilir. Bu yöntemde kanal sistemi içinde üç yerde sıcaklık ölçülmelidir: dış hava damperi öncesinde (dış hava sıcaklığı değeri, T_{oa}), dönüş kanalında (dönüş hava sıcaklığı, T_{ra}) ve karışım plenum alanında (karışım hava sıcaklığı, T_{ma}). Bu ölçümlerle dış hava oranı, x_{oa} , (havalandırma havaasının toplam sağlanan havaya oranı) aşağıdaki (4) eşitliği ile tahmin edilir:

$$T_{ma} = x_{oa} \cdot T_{oa} + (1 - x_{oa}) \cdot T_{ra} \quad (4)$$

Havalandırma hacimsel debisi, \dot{V}_{oa} , tasarım koşullarındaki iklimlendirme ünitesi kapasitesi, \dot{V}_{des} , değerinden:

$$\dot{V}_{oa} = x_{oa} \cdot \dot{V}_{des} = \left(\frac{T_{ra} - T_{ma}}{T_{ra} - T_{oa}} \right) \cdot \dot{V}_{des} \quad (5)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Eşitlik (4), kullanımı ile havalandırma havası tahminindeki hassaslık dönüş havası ve dış hava sıcaklıkları arasındaki fark küçük ise azalmaktadır. Bu nedenle enerji denetçisine önerilen, dış sıcaklıklar aşırı olduğunda (örneğin, ısıtma veya soğutma mevsimlerinde) ölçümlerinin gerçekleştirilmesidir.

Mevcut havalandırma miktarı tahminlendiğinde, uygulanabilir standartlardaki havalandırma gereksinimleriyle karşılaştırılmalıdır. Tablo 2’de ticari binalar için seçilen bazı hacimlerin havalandırma gereksinimleri özetlenmiştir. Kapsamlı tablolar ilgili literatürlerde bulunabilir [1, 4]. Ayrıca ASHRAE Standart 62-1981’de kapsamlı dış hava gereksinimleri ayrıntılı olarak bulunabilir.

Tablo 2. Seçilmiş bazı bina hacimleri için tipik havalandırma gereksinimleri [6].

Kullanım Hacmi Tipi	Havalandırma Gereksinimi [$m^3 / (h \cdot kişi)$]
Odalar	17-26
Tuvaletler	51-85
Koridor	12-17
Genel hacimler	17-26
Toplantı odaları	34-51
Genel tuvaletler	34-43
Yemek salonu	26-34
Bar	68-85
Mutfak	60

Eğer fazla havalandırma tespit edilmişse dış hava damperleri ayarlanarak standartlarda listelenen minimum standart hava gereksinimleri karşılanmaya çalışılır.

Dış hava kullanımında diğer bir azaltma yöntemi ise “*gereksinim halinde havalandırma*”dır. Bu yöntem de yalnızca gereksinim periyotlarında dış hava sağlanması gerçekleştirilir. Bu tür bir havalandırma kontrol sisteminde yaygın uygulama, hacimlerdeki karbondioksit (CO_2) düzeylerinin izlenmesidir. CO_2 hacimlerde bulunanlar ve yapı malzemelerinin ürettikleri kirlenmeler için iyi bir göstergedir. CO_2 ölçümü ile belirlenen ayar noktası ile kontrol sisteminden uyarılarla dış hava damperinin pozisyonu kontrol edilir.

Havalandırma havasının azalması ile ısıtma ve soğutma yüklerinde sağlanan kazanımlar,

Kış ayları için ısıtma yükü kazanımı:

$$\Delta \dot{Q}_H = \rho_a \cdot c_{pa} \cdot (\dot{V}_{oa,E} - \dot{V}_{oa,R}) \cdot (T_i - T_o) \quad (6)$$

Yaz ayları için soğutma yükü kazanımı:

$$\Delta \dot{Q}_C = \rho_a \cdot (\dot{V}_{oa,E} - \dot{V}_{oa,R}) \cdot (h_o - h_i) \quad (7)$$

Bu eşitliklerde,

ρ_a : Havanın yoğunluğu, [kg/m^3]

$\dot{V}_{oa,E}$: Mevcut havalandırma hacimsel debisi, [m^3/h]

$\dot{V}_{oa,R}$: Tekrar enerji denetimi sonrası belirlenen hacimsel debi, [m^3/h]

T_i : İç hacim sıcaklığı, [$^{\circ}C$]

T_o : Dış hava sıcaklığı, [$^{\circ}C$]

h_o : Dış hava entalpisi, [kJ/kg_a]

h_i : İç hava entalpisi, [kJ/kg_a]

$\Delta \dot{Q}_H$: [kJ/h] olarak ısıtma yükündeki azalma,

$\Delta \dot{Q}_C$: [kJ/h] olarak soğutma yükündeki azalma,

değerlerini göstermektedir.

Belirtilmesi gerekirse, kış aylarında nem kontrolü üzerinde tipik olarak çaba gösterilmez, bu nedenle eşitlik (6)'da görüldüğü gibi tasarruf edilen enerji hesaplanmasında “gizli ısı” etkisi ihmal edilmiştir.

Havalandırma azalması ile sağlanan toplam enerji tasarrufunun hesaplanması için yıllık ısıtma ve soğutma yüklerindeki azalmaların tahmin edilmesi gereklidir. Detaylı havalandırma bilgileri veya enerji simülasyonları ile bu değerlendirme yapılabileceği gibi Eşitlik (6) ve (7)'nin kullanımı değişik ortalama dış sıcaklık değerleriyle belirlenebilir. Ayrıca kış ve yaz aylarındaki kWh olarak tasarruflar enerji verimlilikleri ve ortalama dış sıcaklıkların ve tasarrufun gerçekleştiği sürelerde ayrı ayrı dikkate alınarak (8) ve (9) eşitlikleri ile hesaplanabilir.

Kış aylarındaki yıllık enerji tasarrufu:

$$\Delta Q_H = \frac{\sum_{k=1}^{N_{bin}} N_{h,k} \cdot \Delta \dot{Q}_H}{3600 \cdot \eta_H} \quad (8)$$

Yaz aylarındaki yıllık enerji tasarrufu:

$$\Delta Q_C = \frac{\sum_{k=1}^{N_{bin}} N_{h,k} \cdot \Delta \dot{Q}_C}{3600 \cdot EER_C} \quad (9)$$

Burada,

- $N_{h,k}$: k. ortalama değer gerçekleştiği tasarrufun sağlandığı zaman süresi, [h]
- η_H : Isıtma sisteminin ortalama mevsimsel verimi,
- EER_C : Soğutma sisteminin ortalama mevsimsel etkinlik katsayısı,
- $\Delta Q_H, \Delta Q_C$: Isıtma ve soğutmada sağlanan yıllık tasarruflar, [kWh].

değerlerini göstermektedir.

Hava tarafı ekonomizer çevrimi uygulanıyor ise, Eşitlik (8) ve (9) yalnızca dış hava damperinin minimum pozisyonunda olduğu ortalama sıcaklıklarda değerlendirilmelidir.

Hava yoğunluğu, sabit kabul edildiğinde ve HVAC sisteminin yıl boyunca çalıştığı kabulü ile basitleştirilebilir. Bu koşullarda enerji tasarrufu:

$$\Delta Q_H = \frac{\rho_a \cdot c_{p,a} \cdot N_h \cdot (\dot{V}_{oa,E} - \dot{V}_{oa,R}) \cdot (T_i - \bar{T}_o)}{3600 \cdot \eta_H} \quad (10)$$

Burada, N_h : ısıtma sezonundaki toplam saattir (eğer havalandırma tüm saatlerde sağlanmıyorsa, N_h olarak yalnızca hacmin kullanıldığı saatler olarak alınır ve bu durumda ortalama dış sıcaklığın da etkilenmediği varsayılır.).

\bar{T}_o : Isıtma sezonundaki ortalama dış hava sıcaklığı, [°C]'dir.

Soğutma periyodunda (yaz aylarında) (9) eşitliğinin basitleştirilmiş formu, referans miktarda dış havanın (örneğin, 1000 m³/h) mevsimsel soğutma yükü olarak hesaplanır. Bu değerlendirme iklim ve iç hava kontrol sıcaklık değerlerine bağlıdır.

$$\Delta Q_C = \frac{\rho_a \cdot N_h \cdot (\dot{V}_{oa,E} - \dot{V}_{oa,R}) \cdot \Delta h_C}{3600 \cdot EER_C} \quad (11)$$

HVAC sistemlerinde havalandırma havasını azaltan diğer uygulamalara aşağıdakiler de katılabilir:

- Dış hava damperinden kapalı olduğu haldeki, sızıntıların önlenmesi. Havalandırma miktarındaki etkilenme bu sızıntı yüzdesi ile hesaplanabilir. Düşük sızıntıya sahip damperlerde bu oran % 1'ler düzeylerindeyken, standartlar damperlerde sızıntı oranlarını % 5-% 10 düzeylere kadar kabul etmektedir.
- Kullanılmayan periyotlarda veya HVAC gereksinimi olmayan saatlerde havalandırmayı tamamen kapatmak.

Bu durumların mevcut olması halinde, havalandırma azaltılmasıyla sağlanan enerji tasarrufları için Eşitlik (8 – 10) uyarlanabilir.

Belirtmek gerekirse havalandırma azaldığında, egzoz havasında da azalma gerekmesidir. yani egzoz damperinin de kumanda edilmesi gerekliliğidir. Bu yapılmaz ise, bina içinde giren havadan daha fazla egzoz yapılması, negatif statik basınç oluşturacaktır. Negatif basınç ise bina içinde bir çok problemin oluşumuna neden olabilecektir:

- Dışa açılan kapı ve pencerelerin açılmasındaki zorluk,
- Binanın açıklıklarından dış soğuk havanın çekişinin oluşması,
- Duman, toz ve kirleticilerde artışlar egzozun yeterli olmaması nedeniyle gerçekleşir,
- Doğal çekişli kazanların yanma verimlerinde düşmeler gerçekleşir.

11.3 Hava-tarafı Ekonomizer Kullanımı

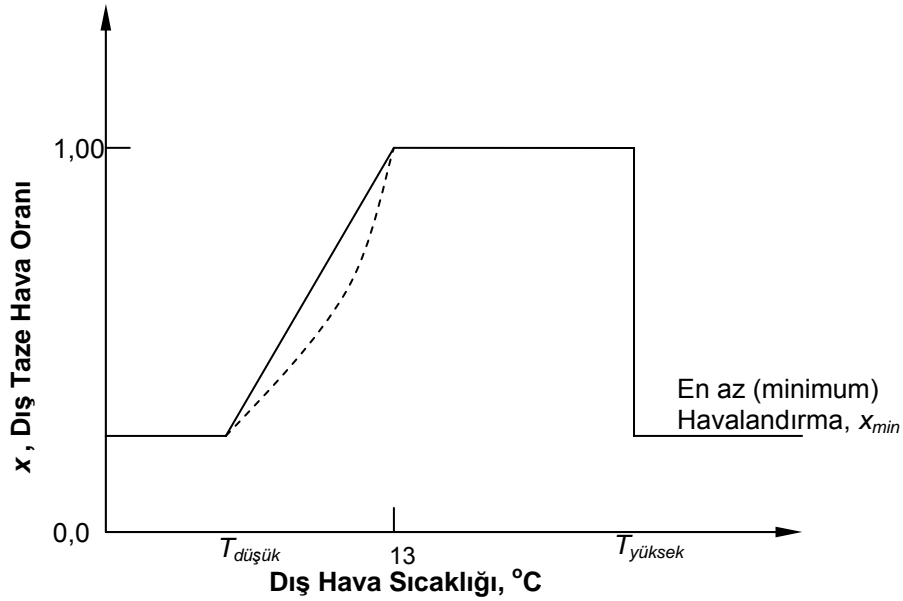
Dış hava koşulları kabul edilebilir konfor koşullarında ise, fazla havalandırma havası binanın şartlandırılmasında kullanılabilir. Böylece HVAC sistemi için soğutma enerji kullanımında azalmalar sağlanır. Tipik olarak bu tür bir sistemin çalıştırılmasında gerektiğinde uygun dış havayı hacme yönlendirmek için iki yöntem mevcuttur:

- Kuru termometre sıcaklığına bağlı kontrol,
- Entalpi kontrol sistemi.

Bu yöntemlerin uygulandığı HVAC sistemi, “*ekonomizer çevrimi*” olarak adlandırılır.

11.3.1 Sıcaklık Ekonomizer Çevrimi

Bu çevrimde dış hava giriş damperi, dış hava sıcaklığı, dönüş hava sıcaklığından daha soğuk olduğunda maksimum pozisyonda açılır. Bununla beraber dış hava sıcaklığı çok soğuk veya çok sıcak ise dış hava giriş damperi minimum pozisyona geri gelir. Bu nedenle bu limitlerin dışında ekonomizer çevrimi çalışmaz. Bu limitler ekonomizer düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık limitleri olarak adlandırılır ve Şekil 8.'de gösterilmiştir [7,8].



Şekil 9. Ekonomizer çevrimi bulunan, sabit hacimli iklimlendirme sistemlerinde dış taze hava oranlarının değişimi [7].

Ekonomizer yüksek sıcaklık limiti tipik olarak dönüş hava sıcaklığı ile aynı değere ayarlanır, ekonomizer düşük sıcaklık limiti ise dönüş ve sağlanan havanın her ikisinin koşullarının bir fonksiyonu olarak çözümlenmiş olmalıdır. Eğer dönüş havasından daha fazla ısı miktarına sahip ise gerekli miktardan fazla (örneğin, havalandırma amaçlı) dış havanın sağlanmasına gereksinim yoktur.

11.3.2 Entalpi Ekonomizer Çevrimi

Bu çevrim sıcaklık temelli olanla benzer olup, farklılığı sıcaklığın yerine hava akımlarının entalpisinin kullanılmasıdır. Böylece her bir hava akımının iki parametresi tipik olarak ölçülerek entalpisinin belirlenmesinde kullanılır. Bu parametreler kuru ve yaş termometre sıcaklıklarıdır. Bu nedenle entalpi ekonomizerleri daha az kullanılmıştır. Bu gerçekleştirilmesinin daha maliyetli olması, kullanımda daha az sağlam olması nedeniyledir. Oysa özenli çalıştırıldığında daha çok tasarruf değerlerine ulaşılabilir özelliklere sahiptir.

Ekonomizer çevrimi ve daha kapsamlı özellikleri ilgili kaynaklarda bulunabilir [7,8,9,10,11,12].

11.4 İç Sıcaklık Kontrolü

İç sıcaklık ayarlamaları ısıtma ve soğutma mevsimlerinin her ikisinde de yaşanan hacimlerde ısı konfor üzerinde ve HVAC sistemlerinin enerji kullanımı üzerinde öneme sahiptir. Bu nedenle enerji denetçisi sistemde mevcut kontrolleri belirleyerek enerji kullanımındaki veya ısı konfor iyileştirmelerindeki potansiyeli herhangi bir ilave yatırım yapmadan gerçekleştirmeyi amaçlar.

Isıtma ve/veya soğutma enerjisinde tasarruflar sağlayan iç sıcaklıkların ayarlanması için dört farklı seçenek mevcuttur:

1. Yaz aylarında soğutma ayar noktasını yükselterek aşırı soğutmanın önlenmesi sağlanabilir.
2. Kış aylarında ısıtma ayar noktasını azaltarak aşırı ısıtmanın önlenmesi sağlanabilir.
3. Isıtma ve soğutma ayar noktalarının ayrılmasıyla HVAC sistemi için sürekli ısıtma ve soğutma çalışması önlenir.

4. Hacimlerin kullanılmadığı saatlerde ısıtma ve/veya soğutma gereksinimlerini azaltmak için, ısıtma esnasında ayar noktası sıcaklığı geriye ayarlanır ve soğutma esnasında ayar noktası sıcaklığı yukarıya ayarlanır (veya iç sıcaklık serbest bırakılır, kontrolden ayrılır).

Bu yöntemlerin uygulanması durumunda sağlanan enerji tasarrufları derece-gün yöntemi ile belirlenebilir. Belirtmek gerekirse bu yöntemler uygun gerçekleştirilmez ise enerji kullanımlarını artırabilir. Örneğin, iç sıcaklık kış aylarında düşük değerlerde ayarlanmışsa iç hacimler, ısıtmadan daha çok soğutma sağlamak için daha fazla enerji kullanmak gereğini duyabilir. Benzer biçimde, iç sıcaklığın ayar noktasının yüksek tutulması zonlar için, tekrar ısıtma elemanlarında enerji kullanımlarını artırmaya zorlayacaktır.

11.5. Fan Sistemlerinin İyileştirilmesi

Fanlar, havalı HVAC sistemlerinde binanın içinde havanın dağıtılmasını sağlamak üzere, hava hazırlama ünitelerinde şartlandırılmış havanın çeşitli zonlara gönderilmesini sağlayarak ısıtılmalarını veya soğutulmalarını sağlamak amaçlı sıklıkla kullanılır. Enerji analizleri göstermiştir ki tipik bir HVAC uygulanmış binanın enerji kullanımının % 25'düzeyleri fanlarda tüketilmektedir. Böylece fan sistemlerinin çalışmasında sağlanacak bir azalma önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlayabilecektir.

Tipik bir hava hazırlama ünitesinde, fanlar havanın kanallar, serpantinler, filtreler ve kanal sisteminde bulunan diğer cihazlar arasından hareket ettirilmesi için gereken basıncı oluşturur.

Bu amaçla iki tip fan sıklıkla kullanılır: Santrifüj ve eksenel pervaneli fan.

Eksenel fanlar daha verimli olmakla birlikte, konstrüksiyonlarının zorluğu nedeniyle daha pahalıdır. Bu nedenle mevcut HVAC sistemlerinde santrifüj fanlar daha çok kullanılmış ve tercih edilmiştir.

Bir fanda gerekli elektrik enerjisi kW olarak, hacimsel debi, \dot{V}_f , [litre/s] ve toplam basınç veya statik basınç farkı [Pa] ve fan verimi biliniyorken,

Toplam basınç kullanılıyorken:

$$\dot{W}_{fan} = \frac{\dot{V}_f \cdot \Delta P_t}{\eta_{f,t}} \quad [\text{kW}] \quad (12)$$

Statik basınç kullanılıyorken:

$$\dot{W}_{fan} = \frac{\dot{V}_f \cdot \Delta P_s}{\eta_{f,s}} \quad [\text{kW}] \quad (13)$$

eşitlikleriyle hesaplanabilir.

Fanın toplam basıncını ölçmek için Pitot tüpü kullanılabilir. Fanın bağlandığı kanalda, fanın giriş ve çıkışındaki ölçülen basınçlar arasındaki fark istenen basınç farkını verecektir. Bu fan yasaları göstermektedir ki hareket ettirilen hava debisinde sağlanan düşme, gerekli güç girdisini de azaltabilecektir. Bu nedenle sabit hacimsel debili fanların yerine, değişken hava hacimsel debili fanların (avantajı) üstünlüğü açıklıkla görülmektedir. Örneğin, hava hacminin % 50'lerde azaltılması, fan enerji kullanımında % 87,5 düzeylerinde azalma sağlayabilmektedir.

11.5.1 Fan Boyut Düzeltmeleri

Araştırmalarda görülmektedir ki binaların fan sistemlerinin % 60'ı en azından % 10 büyük boyutlandırılmıştır. Bu fanların gerekli kapasitelere boyutlarının getirilmesi, fan sistemlerinde enerji kullanımlarında önemli tasarruflar (% 50'lere ulaşan) sağlayabilecektir. Hatta bazı diğer önlemlerle bu tasarruf oranı artırılabilir. Örneğin bu önlemler arasında enerji-etkin kayış kasnak sistemlerinin ve değişken hızlı tahrik sistemlerinin kullanılması sayılabilir.

Boyut düzeltmeleri sabit hava debili (CAV: constant air volume) ve değişken hava debili (VAV: variable air volume) sistemlerin her ikisi için de uygulanabilir. Enerji tasarrufunun yanında uygun fan boyutunun kullanımının yararlarına aşağıdaki hususlarda eklenebilir:

- Daha iyi konfor koşullarının sağlanması. Eğer fan sistemi aşırı büyük seçilmişse, zonlara gereğinden çok havanın sağlanması ve sonuç olarak hacimde oturanların konforlarının azalmasına neden olunması.
- Cihazların daha uzun ömürlülüğü: Aşırı boyutlu bir fan, düşük kapasitelerde değişken hızlı tahrikle çalıştırıldığında daha uzun ömürlü olacaktır. Değişken hızlı tahrikle çalışmada motorların faydalı ömrü ve diğer cihazlar daha uzun ömürlü hizmet verebilecektir.

HVAC sisteminin tipine bağlı olarak, uygulama yerindeki ölçümlerle fan sisteminin aşırı boyutluluğu belirlenebilir. CAV sistemler için, sağlanan havanın statik basıncının ölçülmesi fanın aşırı boyutlu mu? Doğru boyutlu mu? olduğunu belirlemek için yeterlidir. Ana sağlanan havanın statik basıncının belirlenmesi için sistem tasarım kapasitesine yakın çalıştırılırken ölçümlerin yapılması yeterlidir ve ölçümler tüm damperler ve vanalar test esnasında tam açık konumdayken gerçekleştirilmelidir. Eğer ölçülen statik basınç, tasarım değerinden büyük ise (bina mekanik tesisatında normalde gösterilen değerden) fan çok muhtemelen aşırı boyutlu seçilmiştir ve daha fazla sağlanan havayı hacimlere göndermektedir.

VAV sistemler için fan sisteminin aşırı boyutluluğunun belirlenmesinde üç yöntem kullanılabilir:

1. Fan motoru tarafından çekilen elektrik akımının ölçülmesi. eğer bu tam yük akım değerinin % 75'inden az ise (bu değer direkt olarak motorun etiketinden veya çalıştırma ve bakım el kitabından belirlenebilir) fan aşırı boyutlandırılmıştır.
2. Fan kontrol kanatlarının ve damperlerin pozisyonunun kontrol edilmesi. Eğer kanat veya damperler % 20'den fazla kapalı ise fan aşırı boyutlandırılmıştır.
3. Ana hava sağlama fanı için statik basıncının ölçülmesi. Eğer ölçülen statik basınç, ayar noktası değerinden daha büyük değerlerde ise fan sistemi aşırı boyutlandırılmıştır. Eğer fan sistemi açıklıkla aşırı boyutlandırılmış ise, aşağıdaki belirtilenlerin biri veya birkaçı boyut düzeltmesi için kullanılabilir:
 1. Mevcut fanın hızının azaltılması için daha büyük bir kasnağın yerleştirilmesi. bu yolla yalnızca kanaldan aktarılan havanın orantılı olarak azaltılması değil, fakat ayrıca fan sisteminin enerji kullanımında önemli azalma da sağlanmaktadır. Örneğin fan hızının % 20 azalması, enerji gereksinimini % 50'ler mertebesinde azaltacaktır.
 2. Mevcut aşırı güçlü bir elektrik motorunu, pik yükleri karşılayabilecek küçük enerji-etkin olanla değiştirmek. Bu değişiklik kuşkusuz fan sisteminin enerji kullanımını azaltacaktır. Örneğin 50 kW'lık standart motor, 35 kW'lık enerji-etkin bir motorla değiştirildiğinde fan sisteminin enerji kullanımı üçte bir azalacaktır.

Statik basınç ayarlarının değiştirilmesi (yalnızca VAV sistemleri için). Statik basınç ayar noktasının azaltılması iç konforu yeterli düzeylerde tutacaktır ve böylelikle fan sistemi tarafından enerji kullanımı da azalmış olacaktır. Örneğin, VAV sistemi 152 mmSS statik basınç değerinden 76 mmSS değerine ısı konforu kaybetmeksizin çalıştırılabilir. Bu durumda % 33 statik basınç azalması, % 45'lere ulaşan enerji tasarrufuna ulaşılmasını sağlayabilir.

Bütün HVAC sisteminin performans analizinde önemli olan yukarıda belirtilen ölçüm ve özelliklerin birisiyle fan boyutunun ayarlanmasının sağlanabilmesidir. Gerçekte fan sisteminin değişimi, HVAC sisteminin diğer bileşenlerinin çalışmasını ve/veya kontrolünü da etkileyebilir.

12. ISI GERİ KAZANIMI

Özellikle egzoz gazlarından yararlanarak kışın taze dış havanın ön ısıtılması ve yazın taze dış havanın ön soğutulması sıklıkla gerçekleştirilen uygulamalardır. Isı geri kazanımı uygulamalarında döner tekerleklerden sulu ısı değiştiricilere ve ısı borularına varan çok değişik ısı geri kazanım cihazları kullanılabilir. Isı geri kazanım sistemleri ile ilgili sunumlar önceki tesisat mühendisliği kongrelerinde de ele alınmıştır[13,14]. Kapsamlı bilgilere ilgili kaynaklarda ulaşılabilir [3, 7].

SONUÇ

İklimlendirme sistemlerinde, binalar için öngörülen 118 adet “enerji tasarruf odağı”nın [4] her birinin değerlendirilmesi kapsamlı bir kitapta ana hatları ile ele alınabilir. Burada yalnızca önemli bazı ETO konularına değinilmiştir. Ayrıca her bir ETO kendisi bir bildiri veya makale boyutunda ele alınabilir. Burada konulara ana hatlarıyla değinilmiştir. Son yıllarda enerji yönetimi ve denetimi konularında çok sayıda ve kapsamlı yayının gerçekleştirilmesi, konunun önemini vurgulamaktadır. Tablo 3.’te enerji korunumu için HVAC sistemlerinde yenilenmelerde gerçekleştirilebilecek ETO’lar özetle verilmiştir.

Tablo 3. Enerji korunumu için HVAC sistemleri yenilenmesi özeti

Sistem tipi	Enerji Tasarruf Olanakları (ETO)
Tamamen havalı sistemler (genel)	Ekonomizer Isı geri kazanımı
Tek zonlu sistemler	VAV sistemlere dönüşüm
Değişken hava debili (VAV) sistemler	Değişken frekanslı tahrikli fan kullanımı ile fan giriş kanat kontrolü
Tekrar ısıtmalı sistemler	Farklı kontrol sistemlerinin kullanımı
Sabit hacimli ikili kanal sistemleri	VAV sistemlerine dönüşüm
Çok zonlu sistemler	Farklı kontrol sistemlerinin kullanımı
Tamamen sulu sistemler	İki kanallı VAV sistemlerine dönüşüm
Hidronik ısıtma sistemleri	Farklı kontrol sistemlerinin kullanımı
Soğutulmuş sulu sistemler	By-pass kanallarının eklenmesi (hava hazırlama ünitesinin değişimini gerektirir).
Hava-su indüksiyon sistemler	Termostatik vanaların ilavesi Su tarafı ekonomizer çevrimi kullanımı
	Fan tahrikli VAV terminaller ile değiştirme

HVAC sistemlerinde her geçen gün yeni teknolojiler geliştirilmekte ve enerji tasarruf odakları için geliştirilen yeni ürünler pazara sunulmaktadır. Büyük ticari binalarda özellikle çok yüksek olan enerji giderlerinde önemli tasarruflar oluşturabilmek enerji kullanımlarının çok iyi denetlenmesinden geçecektir. Bu nedenlerle enerji kullanımlarının izlenmesi ve işletme-bakım-yenileme çalışmalarının enerji-etkin düşüncelerle gerçekleştirilmesi bir zorunluluktur [16,17].

Ülkemizde de çıkarılan “enerji verimliliği” yasası da yönetim birimlerinin de enerji yönetimi konularına sahip çıktığının ve çıkması gerektiğinin bir göstergesidir. Bu konuda çalışmalarını sürdüren Elektrik İşleri Etüd İdaresi gibi kamu birimleri ve yayınları da gösterilen bu önemi vurgulamaktadır [15].

Mühendislere düşen görev de enerji-etkin proje ve uygulamalara imza atmaktır. Proje ve uygulamaların enerji etkin olması üzerinde yorumlanırsa John Lubbock'un söylemiyle "**Ne gördüğümüz, büyük ölçüde ne için baktığımızı bağlıdır**". HVAC proje ve uygulamalarına bakışlarımız enerji denetçileri gibi olmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Applications Handbook, 2003, Chapter 35.
- [2] Energy Audit Guide Part A: Methodology and Technichs, Centre for Renewable Energy Sources, Athens May 2000.
- [3] Krarti M., Energy Audit for Buildings, Chapter 4.6. The CRC Handbook of Thermal Engineering , edited by Frank Kreith, 2000.
- [4] Architect's and Engineer's Guide to Energy Conservation in Existing Buildings, V.2, Energy Conservation Opportunities, Pacific Northwest Laboratories, PNL-7105.
- [5] Turner W.C., Doty S.Energy Mangement Handbook, Chap.10, HVAC Systems, 6. edition The Fairmonth Press, 2006.
- [6] Energy Aidit Guide Part B: System Retrofit for Energy Efficiency, Centre for Renewable Energy Sources, Athens May 2000.
- [7] Güngör S., Güngör A., İklimlendirme Sistemlerinde Ekonomizer Çevrimi, İklim 2005, TMMOB MMO Antalya Şubesi.
- [8] Kreider J.F., Curtiss P.S., Rabl A., Heating and Cooling of Buildings: Design for Efficiency, Second Edition, Mc.Graw Hill, 2002.
- [9] Thumann A., Plant Engineers and Managers Guide to Energy Conservations, The Fairmont Press, 2002.
- [10] IEEE recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Faccilities, IEEE Std 739-1995.
- [11] Capehart B.L., Turner W.C., Kennedy W.J., Guide to Energy Management, Fifth Edition, CRC Pres, 2006.
- [12] Thumann A., Younger W.S., Handbook of Energy Audits, 6th Edition, The Fairmont Pres, 2003.
- [13] Güngör A., İklimlendirmede Enerji Geri Kazanımında Isı Borulu Isı Değişiriciler, TMMOB, MMO Yayını, Tesisat Mühendisliği, Sayı 33, S.29-40, 1996.
- [14] Güngör, A.: "Enerji Geri Kazanım Sistemleri", Tesisat Mühendisliği, TMMOB, Makina Mühendisleri Odası Yayını, Aralık 1993, S. 7-20, 1993.(1.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı ,S. 415-450, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 15-17 Nisan 1993'den kısaltılarak yayınlanmıştır
- [15] EİEİ Genel Müdürlüğü, Sanayide Enerji Yönetimi Esasları Cilt 1.
- [16] Bell Jr.A.A., Hvac Equations, Data, And Rules of Thumb, Part 16: Energy Conservation and Design Conditions.
- [17] Kutz M., Mechanical Engineer's Handbook, Chapter 51 Energy Auditing,

ÖZGEÇMİŞLER

Ali GÜNGÖR

1955 Elazığ doğumlu, evli ve iki kız çocuk babasıdır. Ege Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1977 yılında Mühendis, 1978 yılında Yüksek Mühendis ve aynı Üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1985 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferi Bilim Dalında Doçent oldu. 1996 yılında Ege Üniversitesinde Profesör oldu. 1978 yılından beri değişik Üniversite içi kurumlarda DEU Mühendislik Fakültesi Makine Müh. Bölümü, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü ve Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümlerinde çalıştı. Halen Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Bölüm Başkanıdır. Çalışma konuları iklimlendirme, güneş enerjisi ısı uygulamaları, kurutma tekniği, ısı boruları, termodinamik: ısı ve madde transferi uygulamalarıdır.

Senem GÜNGÖR

2000 yılı Bornova Anadolu Lisesi (BAL) mezunudur. Almanca ve İngilizce dillerini bilmektedir. 2006 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Halen Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans Öğretimine devam etmektedir. İlgili alanları tesisat mühendisliği konularıdır.