

Havalı İklimlendirme Sistemlerinde Ekonomizer Çevrimi

Ali GÜNGÖR*

Senem GÜNGÖR**

Özet

Ticari binalarda ve evlerde genelde, iç ısı üreten kaynakların çokluğu, kullanım, geometri ve uygulama yerlerine bağlı olarak ısı kazançları, genelde yüksek değerlerde olabilmektedir. Bu nedenle soğuk ve ılıman dış hava koşullarının mevcut olduğu mevsimlerde, ticari binaların çoğu soğutma gereksiniminde olabilmektedir. Bu gereksinimde olan binalar için belirtilen özellikteki mevsimlerde, dış havanın soğutma amaçlı kullanımı olanaklıdır. Böyle bir sistemin tasarıma katılıp, kontrol sistemleri ve ilkeleriyle uygulanmış olması işletme giderlerini düşürerek kazanımlar sağlayabilecektir.

Bu yazıda ekonomizer çevrimi termodinamik analizi, otomatik kontrol uygulamaları, damper tasarımı verilecektir. Kuru termometre sıcaklığı ve entalpi ekonomizer çevrimleri çalışma aralıkları karşılaştırılmaları ve uygulanabilirlikleri tartışılacaktır. Sistem tasarımında özellikle enerji yönetimi ve korunumu açısından neden dikkatle değerlendirilmesi gerektiği üzerinde durulacaktır.

1. EKONOMİZER ÇEVİRİMİ

Havalandırma bir hacimdeki havanın sağlanması veya uzaklaştırılması için uygulanan mekanik veya doğal sistemlerin genel adıdır. İklimlendirilen hacimlerde genelde değişik kirlenmelerin varlığı nedeniyle taze dış hava gereksinimleri hacimler için belirli tasarım değerlerinde olması gerekmektedir. Bazı iklimlendirilen hacimler için önerilen taze hava havalandırma gereksinimleri Tablo 1'de verilmiştir.

Bu tablonun değerlendirilmesiyle taze havanın hacimler için bir gereksinim olduğu görülmektedir.

Kuru iklime sahip bölgelerde ekonomizer çevrimli sistemler yüzde 15-80 oranında soğutma enerjisinde tasarruf potansiyeline sahiptir. Bu yüksek oranda tasarruf potansiyeli sistemin

doğru seçimi, montajı, denenmesi ve işletilmesiyle olanaklıdır.

Tablo 1. Taze Hava havalandırma gereksinimleri (Ashrae)

Uygulama yeri	Litre/(s.kişi)
Yemek odaları	10
Otel odaları	15 (Her oda için)
Ofisler ve konferans odaları	10
Genel sigara içilen salonlar	30
Marketler	1,0-1,5 litre/(s.m ²)
Konferans salonları	8
Okul derslikleri	8
Hastane hasta odaları	13
Evlerde yaşam alanları	0,35 hava değişimi/h ve >7,5 litre/(s.kişi) olmalıdır

* Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü.

** Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü.

tedbirler kararları etkilerini en çoğunda (nere deyse yüzde 75-80'inde) ekonomizer çevrimi fonksiyonu bulunmamaktadır.

Özellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında ve özellikle de ülkemizin Akdeniz iklimi kuşağın - daki bölgeleri için dış hava koşullarının uygun olduğu günlerde iklimlendirilen iç hacimler, gerek kullanılan cihazlar, aydınlatma, güneş ve diğer iç ısı kaynakları nedeniyle ısı kazançları - nın yüksek olması ve soğutma gereksiniminde olmalarına sıklıkla karşılaşılr. Bu soğutma gereksinimi genel uygulamada mekanik bir soğutma sistemi ile sağlanabildiği gibi eğer tasarımda düşünülmüşse uygun koşullardaki dış havayı kullanarak ta gerçekleştirilebilecektir. Bu tür soğutma serpantini kullanmaksızın dış havayı kullanarak soğutma gerçekleştiren uygulamalar ekonomizer çevrimi olarak adlandırılmaktadır. Termodinamik anlamda bir çevrim olmamakla birlikte bu tür uygulamalar bu adlandırılmaktadır. Nemli iklimlerde ekonomizer çevrimi efektif olamayabilir, soğutma enerjisini artırabilir, dikkatlice değerlendirilmelidir.

Ekonomizer çevrimi dış hava koşullarının uygun olması durumunda soğutma maliyetlerinin azaltılmasının kontrol edilmesini sağlar. Yani dış hava yeterince serin ise bir soğutma ortamı (kaynağı) olarak kullanılır. Eğer dış hava bir yüksek sıcaklık limitinin (tipik olarak 18°C) altında ise, dönüş, egzoz ve dış hava damperleri havalandırma ile soğutma set sıcaklığı

ını (tipik olarak 18°C) sağlayamadığını ayarlanmasında kullanılır (Şekil 1.). Hava sağlama fanı çalışmıyorken dış hava ve egzoz damperleri kapalı ve dönüş hava damperi açıktır. Dış hava sıcaklığı bir yüksek sıcaklık limiti değerinin üzerinde ise dış hava damperi kapalı ve sabit bir minimum açıklıktadır, egzoz damperi kapalı ve dönüş hava damperi ise açıktır.

1.1 Ekonomizer Çevrimi Termodinamik Analizi

En basit ekonomizer çevrimi uygulaması Şekil 1'de gösterilmektedir. Burada dış hava koşullarının hacimlerin soğutulması uygulaması için uygun olması durumunda hacme üflenmesi gereken taze hava miktarı dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Bunun için dış hava ve sirkülasyon havası karışımı işlemine Termodinamiğin 1. Yasası uygulanırsa, ekonomizer çevriminin sabit sağlanan hava

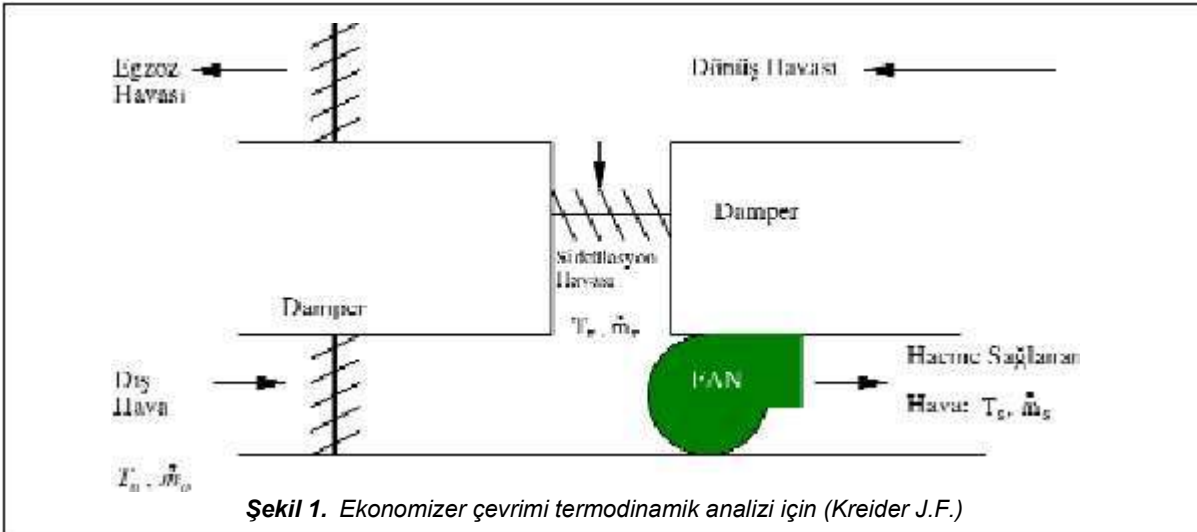
debisinde (m_s) ve sıcaklığında (T_s) olduğunu varsayalım. Bu sirkülasyon havası ve taze dış hava karışımı işlemi için enerji dengesi için:

$$m_r C_{p,h} T_r + m_o C_{p,h} T_o = m_s C_{p,h} T_s \quad (1)$$

Eğer özgül ısı terimleri sadeleştirilirse:

$$m_r T_r + m_o T_o = m_s T_s \quad (2)$$

Kütlenin korunumu için ise:



Şekil 1. Ekonomizer çevrimi termodinamik analizi için (Kreider J.F.)

$$m_r + m_o = m_s \quad (3)$$

(2) ve (3) eşitliklerinden:

eşitliğine ulaşılır. Eğer dış hava sıcaklığı bu değerden az ise, minimum gereksinim duyulan dış hava ekonomizer çevrimine alınarak, karışım havasına ısı verilerek, hacimlere sağlanan havanın istenen üfleme sıcaklık ve özelliklerine getirilmesi sağlanır.

$$\dot{m}_o = \dot{m}_s \frac{T_r - T_s}{T_r - T_s} \quad (4)$$

bulunur. Bu eşitlik dış hava, sirkülasyon hava - sı ve sağlanan hava sıcaklıklarına bağlı olarak taze dış hava debisini göstermektedir.

(2) denklemi yeniden düzenlenirse:

$$T_o = \left(1 - \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_o}\right) T_r + \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_o} T_s \quad (5)$$

Bu eşitlik tasarım değerlerinin sağlanması için, taze dış havanın olması gereken sıcaklığını göstermektedir. Ekonomizer verimliliğinde iki limit vardır: Üst limit ekonomizer kullanımınıdır, bu uygulama noktası mekanik soğutmanın tam kullanılmaya başladığı noktadır. Bu durumda sirkülasyon havası yoktur ve dönüş havasının tamamı egzoz edilir ve hacimlere gönderilen hava dış sıcaklık değerindedir. Bu durumda sağlanan hava kütleli debisi, dış hava debisine eşittir ve,

$$\dot{m}_s + \dot{m}_o = \dot{m}_{mak} \quad (6)$$

değerindedir. İkinci limit ise bir kısım dış taze havaya gereksinim duyulup, soğutma gereksiniminin olmaması halidir. Bu durumda binaların kullanım amaçlarına uygun kişi başı havalandırma gereksinimi kadar olan en az (minimum) \dot{m}_{min} dış havaya gereksinim duyulacaktır. Tablo 1.'de bazı kullanımlar için önerilen bu dış taze hava gereksinimleri verilmektedir.

(5) ve (6) eşitlikleri kullanılarak bu ekonomizer çevrimi için minimum hava kullanımında minimum dış hava sıcaklığının ne değerinde olması gerektiği belirlenebilir. Bu sıcaklık için,

$$T_{p,min} = \left(1 - \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_{min}}\right) T_r + \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_{min}} T_s$$

80
2005

temel gereksinimleri sağlanır.

Tipik ekonomizer çevrimleri dış hava sıcaklığı - ninin 12,7°C - 15,5°C sıcaklıklarına kadar uygulanabilmektedir.

1.2 Entalpi ve Sıcaklık Ekonomizer Çevrimleri

Çalışma Aralıkları

Dış hava kuru termometre sıcaklığı nominal soğutma serpantini çıkış sıcaklığının (örneğin 12-13°C) altında ise, bu durumda gerekli miktarlardaki dış hava kuru termometre sıcaklık ekonomizer çevriminde soğutma amaçlı kullanılabilir. Ancak ekonomizer çevriminde kuru termometre sıcaklığı kriterin gerçekleştirilmesi için kapsamlı koşullar setinin uygunluğunun sağlanması gerekir. Gerçekte soğutma etkisinin anlamı soğutma ile duyulur ve gizli etkilerin sağlanması ve herhangi bir zamanda teorik olarak gerekli iç hava koşullarından daha düşük entalpiye gelinmesini gerçekleştirmektedir. Bu ise daha genel bir entalpi ekonomizer çevrimi özelliklerine yönelmez. Özel iç ortam yaş termometre sıcaklığı değerlerine ulaşabilmek için, ek olarak mekanik soğutmaya gereksinim olabilir. Ancak bu durumdaki mekanik soğutma gereksinimi, ekonomizer çevriminin kullanıldığı durumdakinden çok daha az olabilecektir.

Şekil 2.'deki psikrometrik diyagramda, hacmin 24°C KT ve %50 bağıl nemlilikte tutulduğu ve soğutma serpantini çıkış sıcaklığının 12°C KT olduğu durum için iki ekonomizer çevrimi uygulandığında oluşan bölgeler gösterilmektedir. Sabit entalpi hattı oda entalpi kriterini göstermektedir. 24°C KT sıcaklığı doğrultusunun sol tarafı, kuru termometre ekonomizer çevriminde dış havanın direkt olarak soğutma için kullanıldığı durumda oluşan bölgeleri göstermektedir. Belirtilmelidir ki, D ile gösterilen bölge iç hacim (oda) entalpisinin üzerinde olunan halleri göstermektedir ve eğer ekonomizer çevrim kullanılacaksa soğutma cezalandırılması ile sonuçlanacak dış hava koşullarına sahip bir bölgedir. 24°C KT doğrultusunun sol tarafı ve oda entalpi doğ-

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 89,

rultusunun altındaki alanlar ise (A ve C bölgeleri) entalpisini aşmaması limiti,

rinin birleşimi) dış hava ile entalpi ekonomizer (c) Entalpi ve yüksek sıcaklık limitinin birlikte rünün uygulanabildiği bölgeleri göstermektedir. kullanımı seçilebilir.

Burada gösterilen C bölgesi kuru termometre ekonomizeri çevriminde ihmal edilip kullanılmaktadır. Bu bölgedeki entalpi oda entalpisinden düşük olmasına rağmen soğutma serpantinde 12°C set noktası sıcaklığına soğutulması esnasında sonuç olarak daha az enerji

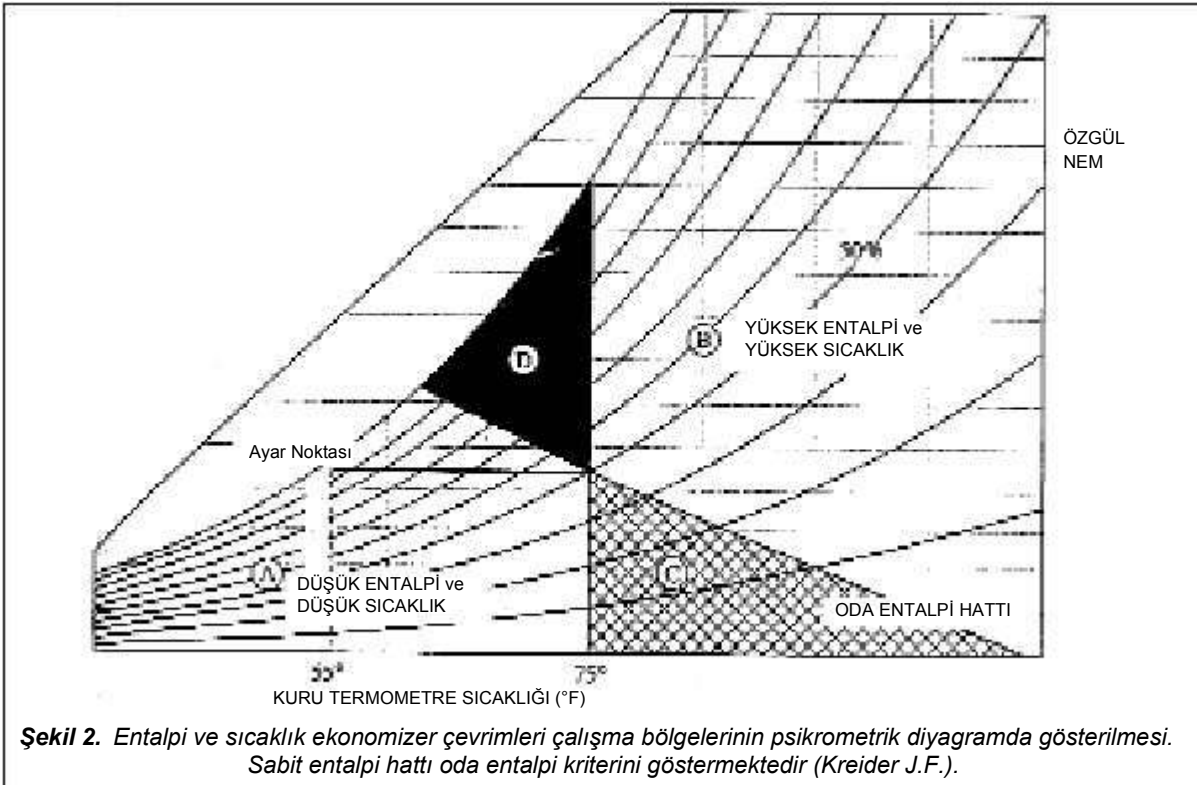
Entalpi temelli bir ekonomizer çevriminin uygulanmasındaki güçlük kabul edilebilir, sağlam ve ekonomik entalpi sensörlerinin temin edilememesidir. Böyle bir sensörün bulunmamasına karşılık bağıl nem ve kuru termometre sıcaklığı

çekimi yapılacaktır. Bu nedenle C bölgesi soğutma kapasitesi yönünden kazançlı bir bölgedir. Psikrometrik diyagramda kalan bölge 24°C KT sıcaklığı doğrultusunun sağ ve oda entalpi hattının üst bölgesi (A bölgesi) ise kesinlikle mekanik soğutma gereksinimi olan ve minimum dış hava kullanımı ile havalandırmanın yapılabileceği dış hava koşullarını göstermektedir.

Entalpi ekonomizer kontrolünde, yüksek sıcaklık limitinin ekonomizer çevrimini durdurması sistemi değiştirilir. Durdurma limiti olarak:

- Sabit entalpi üst limiti,
- Dönüş havası entalpisi ile, dış hava entalpisinin karşılaştırılması, dönüş havası en

ğölçümü ile entalpi bulunabilir. Ancak nem sensörleri de bu belirtilen kriterleri sağlamaktan uzaktır. Son uygulamalarda kullanılan entalpi sensörleri düzenli bakım ve kalibrasyon gerektirmektedir. Bu nedenle tasarım ve uygulamacıların çoğu çözüm için kuru termometre ekonomizerini kullanmakta birleşir. Yapılan araştırmalarda, bilgisayar simülasyonu ile, entalpi ekonomizeri çevriminin, kuru termometre ekonomizeri çevrimine göre çok daha ekonomik kazanımlar gösterebildiği belirlenmiştir. Bunun nedeni otomatik kontrol sistemlerinin kuru termometre ve entalpi sensörleri uyarılarına göre soğutma serpantininin çalışmasının kontrol edilmesidir. Her iki tip ekonomizerde ılıman ve kuru iklimlerde, sıcak ve nemli iklimlere göre daha etkin çalışmaktadır (Şekil 3.).

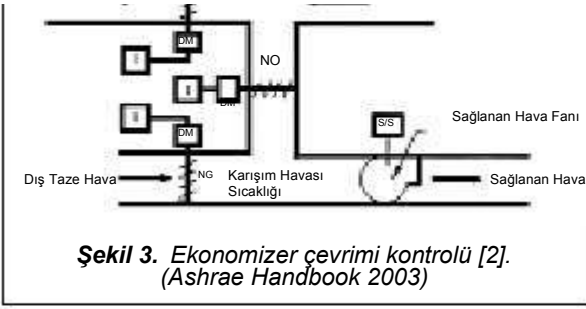


Şekil 2. Entalpi ve sıcaklık ekonomizer çevrimleri çalışma bölgelerinin psikrometrik diyagramda gösterilmesi. Sabit entalpi hattı oda entalpi kriterini göstermektedir (Kreider J.F.).

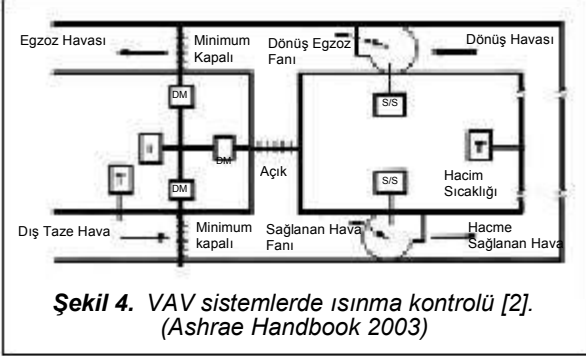
VAV (değişken hacimsel debili) sistemlerde hacimlerin kullanılmadığı zamanlarda ısınma kontrolü (warm-up) esnasında dış hava gereksinimi bulunmaz. Bu durumda dış hava ve egzoz damperleri kalırken karışım damperi açıktır (Şekil 4.). Taze hava ve dönüş havası fanı akımları pozitif veya negatif kanal basınçlandırmasını korumak için dengelenir. Gece soğutulması kontrolü, hacimlerin kullanılmadığı periyotta yüzde 100 dış hava hacim

liğinin üzerinde dış hava sıcaklığı olma, dış hava çığ noktası sıcaklığının yüksek olması veya dış hava kuru termometre sıcaklığının çok soğuk olması (tipik olarak 10°C veya altındaki değerler) durumuna göre gerçekleştirilir. Gece soğutulması çevrimi güneşin doğuşundan önce gece boyunca genellikle daha soğuk dış sıcaklığın olduğu süreçte gerçekleştirilir. Eğer dış hava koşulları böylesi uygun sıcaklık değerlerinde ise ve hacmin soğutma gereksinimi varsa, gece soğutulması çevrimi, optimum başlangıç çalışma sırasının ilk fazı olarak uygulanır.

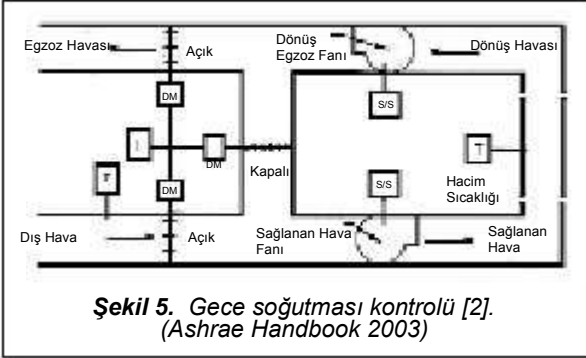




Şekil 3. Ekonomizer çevrimi kontrolü [2].
(Ashrae Handbook 2003)



Şekil 4. VAV sistemlerde ısınma kontrolü [2].
(Ashrae Handbook 2003)



Şekil 5. Gece soğutması kontrolü [2].
(Ashrae Handbook 2003)

elemanlarının soğutulması amacıyla kullanılır (Şekil 5.). Hacim elemanları dış havanın 5°C üzerindeki sıcaklıklara kadar soğutulabilir. Limit kontrolleri iç hava kuru termometre sıcak-

Bu gece soğutmasının süresi, binanın ve içine dekilerin kütlesi ve özellikleri, dış hava sıcaklığı ve binanın kullanımının özellikleri (kullanım saatleri, kullanım amacı, kullanan kişi sayısı ve yüklerin gün içindeki dağılımları v.b.) ile etkilenir.

Ekonomizerler havalı iklimlendirme sistemleri tiplerinin çoğunda (tamamında değil) başarıyla uygulanabilmektedir. Bazı uygulama biçimlerine değinilecektir.

1.3. Sabit Hacimli İklimlendirme Sistemlerinde

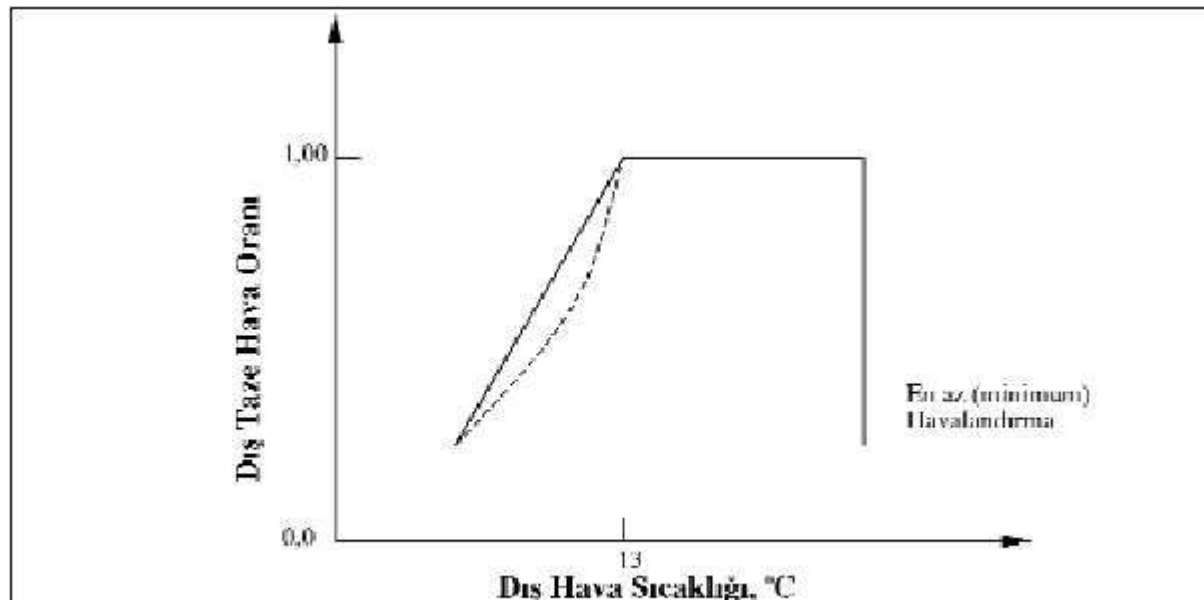
Enerji Ekonomisi ve Ekonomizer Çevrimi

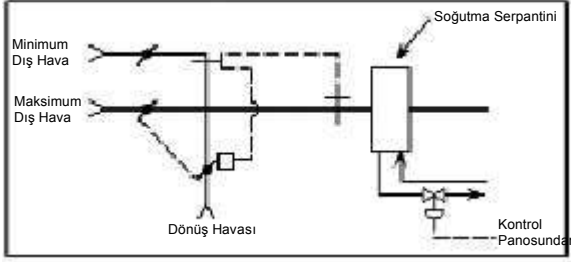
Sabit hacimli sistemlerde soğutma ve ısıtma için belirlenen hacimsel debilerden maksimum olan debiye göre belirlenen fan seçimi sonrasında enerji tüketimlerini azaltabilmek için:

- Gereksinime göre egzoz edilen havadan ısı ve soğu geri kazanımının değişik geri kazanım sistemleri ile sağlanması.
- Kuru iklimlerde, iç gizli ısı yüklerinin yüksek olması nedeniyle veya ekonomizer çevrimi nedeniyle dış taze hava oranının artırılmasıdır.

Ekonomizer çevrim uygulanan sabit hacimsel debili sistemlerde ekonomizer çevriminde dış taze hava oranları Şekil 5.'te gösterilmiştir.

Şekil 5. dış hava kullanım oranının dış hava kuru termometre sıcaklığının bir fonksiyonu olduğunu göstermektedir. Kuru termometre sı-





Şekil 6. Dış Hava ve karışım havası kuru termometre sıcaklık kontrollü ve soğutulmuş su debisi kontrollü ekonomizer çevrimi.

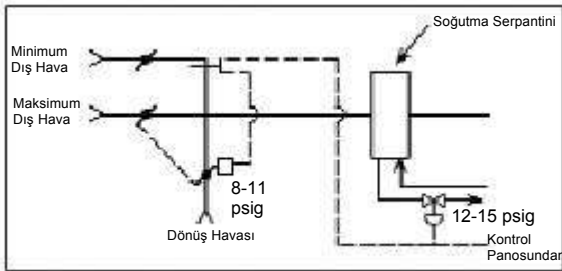
çaklığının kontrol edildiği ekonomizer çevriminde sabit eğimli doğrultuda uygun dış hava oranı, dış sıcaklığa bağlı olarak kullanılır. Eğer entalpi kontrolü uygulanıyor ise konkav kesikli hat üzerindeki uygun dış hava oranı, dış sıcaklığa bağlı olarak uygulanır.

Şekil 5.'te belirtilen karakteristik aşağıdaki özelliklere sahiptir. Sabit hacimsel debili iklimlendirme sisteminde sıcak havalarda minimum dış havalandırma havası (zorunlu gereksinim kadar) kullanılır. Eğer dış hava sıcaklığı ekonomizer çevrimi ile soğutma enerjisinde ekonomi sağlanacak değere düştüğünde maksimum dış hava kullanımına yönelinilir. Bu durumda dış havanın şartlandırılarak iç hacme yüksek oranda gönderilmesiyle, nemli ve ılık iç

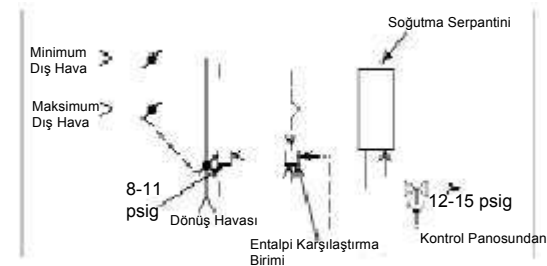
havanın soğutulmasıyla ve neminin alınma -
sıyla aynı kuru termometre sıcaklığına iklim -
lendirilmesi halindeki gerekli enerjiler karşı -
laştırıldığında, yüksek oranda dış hava kulla -
nımının çok ekonomik olduğu açıktır. Ancak bu -
kullanımların iyi analizlenerek kuru termometre -
sıcaklığı ekonomizer çevrimi mi, entalpi ekono -
mizer çevrimi mi daha uygundur? Karşılaş -
lan problemde ve tasarımda bu uygunluk özel -
olarak tartışılmalıdır. Eğer binanın soğuk hava -
sağlama sıcaklığı olan yaklaşık 13°C değeri -
nin altında dış hava sıcaklığı varsa, bu durum -
da da göreceli olarak dış taze hava oranı mini -
muma kadar azaltılır. Soğuk havalarda ise, yal -
nızca minimum taze hava kullanımı gerçekleşt -
tirilir. Bu belirtilen karakteristik tek zonlu sistem -
lere uygulanabildiği gibi, büyük ve çok zonlu bi -
nalara da uygulanabilir. Şekil 6., Şekil 7. ve -
Şekil 8.'de değişik ekonomizer çevrimi kontrol -
uygulamaları verilmiştir.

1.4. Mevcut Sistemlerde Ekonomizer Çevrimi Uygulanabilirliği

Mevcut sistemlerde iyi bir şekilde incelenip ekonomizer çevrimi uygulanabilir. Öncelikle dönüş ve taze hava kanalları ölçüleri ve yerleşimleri incelenerek yüzde 100 taze hava sağlanması için uygun olup olmadığı araştırılır.



Şekil 7. Dış Hava Kuru termometre sıcaklık kontrollü ve soğutulmuş su debisi kontrollü ekonomizer çevrimi.



Şekil 8. Entalpi kontrollü ve soğutulmuş su debisi kontrollü ekonomizer çevrimi.

ru iklimlerde sabitlenmiş entalpi kontrolü yerleştirilmemelidir.

- Dış hava sensörleri direkt güneş ışınımı, rüzgar, ısı ve soğu kaynaklarından uzakta bulunmalıdır.
- Yeniden tasarlanan sistemlerde dış hava giriş açıklıkları ve damperleri yüzde 100 tasarım dış hava debisini karşılayacak biçimde boyutlandırılmalıdır.
- Tasarlanan sağlanan havanın tamamının (% 100) egzoz edilmesi için uygun seçilmiş çıkışlar (louver), dönüş veya egzoz fanları seçilmelidir. Egzozun zorlanmış yapılması veya ilave çıkışlar eğer mevcut barometrik çıkış açıklıkları küçük boyutlandırılmışsa önerilmektedir. Ekonomizerin eski uygulamaların yenilenmesi tasarımlarında uygulanmasında, doğru egzoz sistemi genelde gözden kaçır.

1.5 Ekonomizer Çevriminin Üstünlükleri

Bu üstünlükler aşağıdaki gibi sıralanabilir

Gerekliyse boyutlarda değişikliklere gidilir. Bütün sistem bileşenleri yenilenmeli veya gözden geçirilmelidir. Damperler ve aktuatörler gibi bileşenler genelde korozyondan çabuk etkilenir ve problemlili olabilir. Yeni cihaz ve ekipmanlar daha uygun ve sistemi daha iyi oluşturmamızı sağlar ve testler öncesinde özellikle yeni filtreenerji tasarrufu sağlar yerleştirilmelidir. Kurulan sistemin test ve kabulleri standartlara ve imalatçı işletme kullarına göre yapılmalıdır. Ekonomizer çevrimi dış havanın uygun koşullarda olmaması durumunda minimum dış hava koşulları pozisyonunda damperi kısabilmeli ve sabitleyerek kontrolsüz kayıpların önüne geçilebilmelidir.

Yeni ve Düzeltilen Mevcut Sistemlerde Kullanılan Ekonomizer Ekipmanları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Nemli iklimlerde diferansiyel entalpi kontrolü sistemleri önerilmektedir. Bu sistemler daha maliyetli ve yüksek bakım maliyetlerine sahip olmakla birlikte sabit entalpi veya sıcaklık kontrolü sistemlerine göre iki kat enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Nemli iklimlerde diferansiyel kuru termometre kontrolü yerleştirilmemelidir.
- Kuru iklimler için kuru termometre veya diferansiyel entalpi kontrolleri önerilmektedir. Ku-

(Ashrae Handbook 2003,2004).

- Ekonomizer çevrimi uygulandığında, bununla bağlantılı kompresör, soğutma kulesi, kondenser, su pompası enerji gereksinimlerinde azalmalar gerçekleşir. Genellikle su tarafında uygulanan ekonomizer çevriminden daha çok Su tarafında uygulanan ekonomizerden daha düşük hava tarafında basınç düşümü gerçekleşir.
- Soğutma kuleleri gereksinimi için taze ve şartlandırılmış su miktarları düşer.
- Ilıman dış hava koşulları esnasında, büyük miktarda dış hava kullanımı, hava kalitesini çok iyileştirebilecektir.

1.6 Ekonomizer çevriminin istenmeyen özellikleri

Bu istenmeyen özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ashrae Handbook 2003,2004).

- Sistemlerde dönüş havası statik basınç gereksinimleri daha büyüktür. Dönüş veya egzoz fanlarına dış havanın alımı ve bina ha-
- Eğer çevrimi terk eden hava sıcaklığı ayrıca ayarlanmak istendiğinde, nem kontrol problemleri oluşabilir ve fan daha fazla enerji kul-

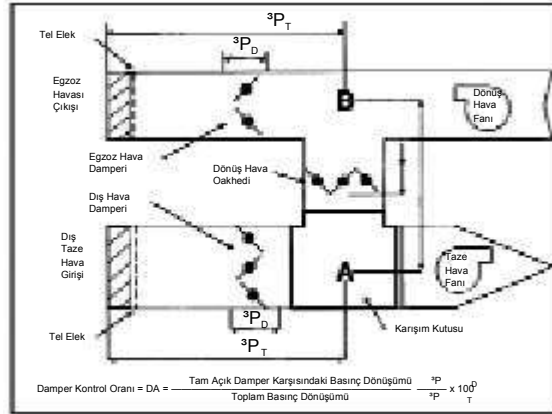
lanır.

- Kış mevsiminde nemlendirme gerekebilir.
- Daha geniş hava girişleri, kanalları veya şaftlarına gereksinim duyulur.

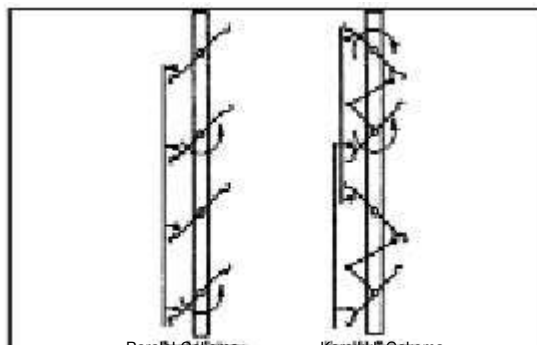
2. OTOMATİK DAMPER BOYUTLANDIRMA (Lizardos.E)

İklimlendirme sistemlerinde otomatik damperler hava akışını kontrol eder. Örneğin ekonomizer çevrimde karışım hava sıcaklığının kontrolü ve değişken hacimsel debili (VAV) sistemlerde hacme hava akışı otomatik damperlerle gerçekleştirilir. Damperlerin doğru seçim ve boyutlandırılmasıyla lineer kontrol amacı gerçekleştirilir. Lineer kontrol ile de damper pozisyonundaki belirli bir değişim hava miktarında oransal değişimi sağlar. Eğer kontrol lineer değilse, damper pozisyonunun değişimi kararsız ve hassas olmayan bir kontrol ile hava miktarında farklı bir değişim oluşturacaktır.

Tam açık bir damperin oluşturduğu direnç, toplam sistem direncinin bir oranı (kesri) olarak tanımlanabilmektedir. Bu oran "damper kontrol oranı" ("damper authority:DA") veya "karakteristik oranı" ("Characteristic ratio") olarak ad-



Şekil 9. Dönüş fanlı ekonomizer çevrimi, Damper Kontrol Oranı= DA (Damper Authority) tanımlamaları için.



landırılır. Toplam sistem direnci veya toplam sistem basınç düşümü tamamıyla açık damper olmaksızın sistem için gerçekleşen değerleridir.

$$\text{Damper kontrol oranı (\%)} = \frac{\text{Açık Damper Direnci}}{\text{Toplam Sistem Direnci}} \times 100$$

Veya damper direnci basınç düşümü olup:

$$\text{Damper kontrol oranı (\%)} = \frac{\text{Açık Damper Basınç düşümü}}{\text{Toplam Sistem Basınç Düşümü}} \times 100$$

Toplam sistem basınç düşümü yalnızca damperin akışı kontrol ettiği kısımla ilgilidir, tüm sistem basınç düşümü veya fan toplam statik basıncı gibi algılanmamalıdır. Seçilen bir damper için toplam sistem basıncı genellikle bir sabit basınç noktasından sistem içinde havanın ayrılma noktasına basınç düşümdür. Şekil

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 89, 2005

ne egzoz damperi basınç düşümü dahil değildir.

Seçilen dönüş hava damperinde ise toplam sistem basıncı daha belirgin olup B noktası ve A noktası arasındaki basınç düşümdür. Dönüş hava damperi dönüş fanındaki akışı kontrol etmez, yalnızca egzoz ve dönüş havası oranlarını kontrol eder. B noktasındaki basınç daima atmosferik basıncın üzerinde olmalı veya taze hava sistemi terk etmemelidir.

Damper seçim örnek uygulamaları "Lizardos E." tarafından verilmiştir.

Damper kontrol oranları için ekonomizer çevrimi için Tablo 3.'deki değerler önerilmektedir.

Tablo 3. Ekonomizer çevrimi damper kontrol oranları:

DA için önerilen sınırlar
(Damper Application Engineering).

Paralel kanatlı veya karşılıklı kanatlı damperlerin her ikisi için:

1. Eğer dış hava damperi bir kanal içerisine yerleştirilmişse paralel kanatlı damperler için DA=% 20-25 ve karşılıklı kanatlı damperler için DA=%8-10 arasında seçilmelidir. Dönüş ve egzoz damperleri de aynı şekilde paralel kanatlı damperler için DA=%

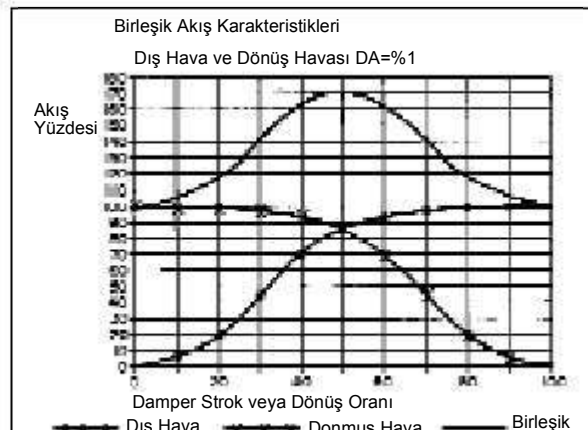
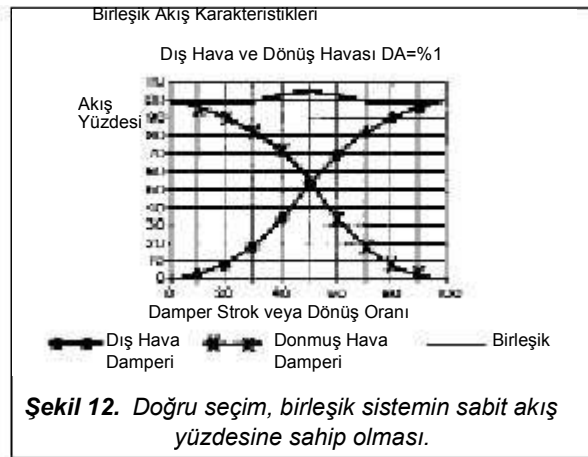
Şekil 10. Tipik çok kanatlı damperler: paralel kanatlı ve karşılıklı kanatlı tipler.

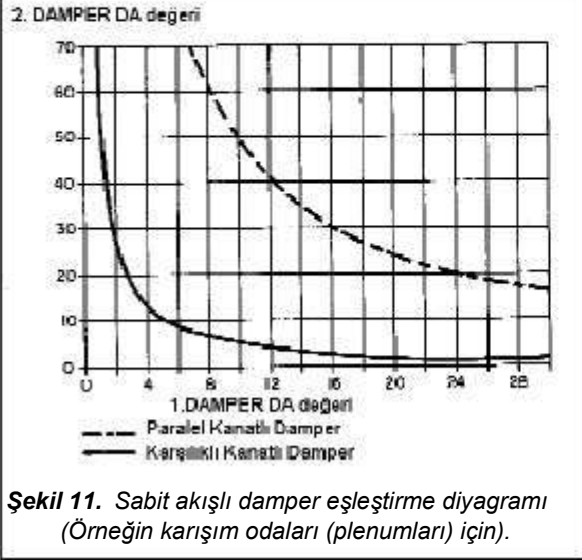
9'da çok kullanılan dönüş fanlı bir ekonomizer çevrimi gösterilmektedir. Şekil 10'da endüstride kullanılan damper tipleri gösterilmiştir. Örneğin dış taze hava damperi için toplam sistem basınç düşümü dış hava ve A noktası arasındaki basınç düşümdür (Şekil 9.). Dış taze hava damperi yalnızca akışın miktarını kontrol eder, yönünü kontrol etmez. Dış hava sisteme girdiğinde, kontrol sisteminin diğer bileşenleri karışım odasında, A noktasında atmosferik basınçtan daha düşük basınç olmasını sağlamalıdır.

Benzer şekilde egzoz damperinin seçiminde de sistem toplam basıncı, B noktası ile dış hava arasındaki basınç düşümdür. Damper kontrol oranı (DA)'nın saptanması için toplam basınç düşümü dikkate alınırken değiştirme (egzoz) kanalı ve çıkış kısmı basınç düşümleri de dikkate alınmalıdır. Bu basınç düşümü

10 arasında seçilmelidir.

2. Eğer dış hava damperi çıkış ağzına yerleştirilmiş



Şekil 13. Yanlış Seçim, birleşik sistemin değişken akış yüzdesine sahip olması.**Şekil 11.** Sabit akışlı damper eşleştirme diyagramı (Örneğin karışım odaları (plenumları) için).

se onun boyutu çıkışla uyumlu olacaktır. Tasarım debisinin ve damperin boyutu için dış hava damper kontrol oranları:DA çözümlenmelidir. Dönüş havası DA değerinin belirlenmesi için Şekil 11. kullanılabilir. Egzoz damperi için dış hava damperi ile aynı DA değeri seçilmelidir.

Sabit akışlı sistemlerde doğru (Şekil 12.) ve yanlış (Şekil 13.) boyutlandırılmış iki damper seçim örneği verilmiştir (Damper Application Engineering).

"Taylor" ise ekonomizer çevrimlerde kullanılabilir egzoz sistemini üç farklı öneri olarak:

a) Yalnızca egzoz damperi kullanımı (dönüş fansız),

b) Egzoz fanlı damper kullanımı,
c) Egzoz damperi ve dönüş hava fanı kullanımı,

olan sistemleri karşılaştırmıştır. Bu sistem seçimleri de binanın konum ve özellikleri itibarıyla bina içinde 12-25 Pa düzeylerinde tutulması gereken iç basıncın oluşturulması aşamasında değerlendirilmek durumundadır.

Ekonomizer çevrim, indirekt evaporatif soğutma çevrimiyle birlikte değerlendirilerek yaz iklimlendirmesinde de uygulanabilmektedir (Gas Actuator Manual, Johnson Controls perella). Ekonomizer çevrimi kontrol uygulamaları detayları "Air Handling Systems Control Applications"da verilmiştir.

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ekonomizer çevrim iklim koşullarının uygun olduğu tüm yörelerde özellikle geçiş mevsimlerinde sıklıkla kullanılabilecek bir uygulamadır. Diğer seçeneklerle de birleştirilerek (gece soğutması, evaporatif soğutma v.b) çok ekonomik sistem çözümlenmeleri yaz ve kış iklimlendirmesi için de gerçekleştirilebilir. Sürekli iklimlendirilen uygulamalarda çok önemli tasarruflar sağlayacak ekonomizer çevrimine projelendirilmede özel önem verilmesi gereklidir. Bu husus özellikle doğru enerji yönetimi ilkeleri içinde de özellikle vurgulanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Air Handling Systems Control Applications,77-1100, Honeywell.
- Lizardos E., Elovitz K.M. Damper Sizing Using Damper Authority, Ashrae Journal, April 2000, p.37-43.
- 2003 Ashrae Handbook, HVAC Applications, p.46.5.
- 2004 Ashrae Handbook, HVAC Systems and Equipment, p.5.9.
- Damper Application Engineering ,Damper and Actuator Manual ,Johnson Controls.
- Gasparella A., Longo G.A., Indirect Evaporative and Cooling and Economy Cycle in Summer Air Conditioning, International Journal of Energy Research, 2003; 27:p.625-637.
- Kreider J.F., Curtiss P.S., Rabl A., Heating and Cooling of Buildings, Design for Efficiency, p.560-562,99-101, McGraw-Hill, 2002.
- McQuiston F.C., Parker J.D. Spitler J.D., Heating Ventilating and Air Conditioning, p.81, John Wiley, 2000.
- Taylor S.T., Comparing Economizer Relief Systems, September 2000 ASHRAE Journal, p.33-42.

