

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN VE İKLİM ŞARTLARININ OFİS BİNALARI ENERJİ İHTİYACI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Nurdil ESKİN

ÖZET

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin gerek ilk yatırım maliyetlerinin ve daha sonra da işletme esnasındaki enerji ihtiyacının ve yakacak sarfiyatının bir binanın enerji ihtiyaçları üzerinde doğrudan ve çevre üzerinde ise dolaylı bir etkisi vardır. Bu çalışmada hazırlanan bir bilgisayar programı vasıtasıyla farklı iklim bölgelerinde bulunan ofis binalarının yıllık enerji ihtiyaçları değişken ve sabit hava debili sistemler esas alınarak karşılaştırılmaktadır. Çalışmada ofis binaları ele alınmış, binaların Türkiye iklim bölgelerine göre beş farklı şehirde olduğu kabul edilmiştir. Sonuçlar DDS sistemlerinin yeni binalarda ve eski binalara olan yeni iklimlendirme sistemi tesisinde gözönüne alınması gerektiğini göstermektedir.

GİRİŞ

Enerjinin etkin ve verimli kullanımı için sürekli gelen talep karşısında iklimlendirme sistemlerinin performans ve işletme stratejilerinin analizi önemli olmaktadır. Konutlar ve konut dışı binalarda HVAC sistemlerinin enerji ihtiyaçları binaların toplam enerji sarfının yaklaşık yarısını kapsamaktadır [1]. Tasarım şartlarında tesbit edilen yüke göre tesis edilen HVAC ekipmanlarının sabit debide çalıştırılması, sistemin gün boyunca toplam yükün %30 u seviyesine indiği şartlarda dahil olmak üzere her zaman maksimum güç kullanımını gereksindirmektedir.

Son elli yıllık period dahilinde sıcaklık,hacim ve kontrol stratejileri konusunda HVAC sistem parametreleri üzerinde yapılan çalışmalar enerji sarfiyatı azaltılarak daha yüksek verimlerin elde edildiği sistemlerin gerekli konfor şartları sağlanırken de mümkün olduğunu göstermiştir. Besleme havası sıcaklığının değişken olduğu sistemlerin tasarımı beraberinde iki yollu üç yollu kontrol valflerinin tasarım ve üretimine yol açmıştır. Havanın hacimsel debisinin değiştirilmesi gereksinimi üzerindeki çalışmalar ise son ısıtılmalı değişken hava debili (DHD-SI), vantilatör destekli değişken hava debili sistemler (DHD-VD), çift kanallı (DHD-ÇK),ve hava debisi ve sıcaklığın değişken olduğu değişken debi ve sıcaklık (DDS) sistemlerini ortaya çıkarmıştır [2].

Doğrudan dijital kontroller ve çeşitli kontrol stratejileri ile HVAC sisteminin soğutma ve ısıtma yüklerinin kontrolü ve maksimum sistem verimi için ekipmanların ihtiyacı olan gücün sağlanmasını sağlayan sistemler de geliştirilmiştir.

Bina yük analizi ve bilgisayar simülasyon programları sayesinde DHD sistemlerinin binalara uygulanması ve bina yüklerinde meydana gelen değişikliklerin toplam ekipman kapasitesini azaltıcı yöndeki tesiri üzerindeki rolünün açıklanmasında faydalı olmaktadır. Litteratürde çeşitli DDS ve DHD sistemlerin diğer HVAC sistemleri ile performans açısından karşılaştırılmasında ve enerji korunumu üzerinde yüklerdeki değişikliklerin etkisi üzerindeki çalışmalar özellikle Türkiye açısından eksiktir. Ekonomik ve fiziksel değişikliklerin değişiminin incelenmesi bu açıdan önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, (1) temel tanımları ve sabit hava debili sistemler ve değişken hava debili sistemler ile ilgili simülasyon sonuçlarını sunmak (2) yıllık enerji sarfiyatını ve ekonomik faktörleri sistem bazında

karşılaştırmaktır. Bu çalışmada iç hava kalitesi standartları [3] uygulanmış ve gerçek modelleme ve simülasyon için yerel firmaların fiyatları ele alınmıştır. Çalışmada konu dışı binalar özellikle ofis binaları ele alınmıştır.

BİNA TANIMI

En yeni bina inşaat özellikleri esas alınarak çalışmanın gerçekleştirilmesi mümkündür. . Buna göre bina dış kabuğu düşük ısı geçiş katsayısına sahip bina yapı elemanlarından yapıldığı kabul edilebilirdi. Ancak ülkemizde bina parametreleri arasında inşaat parametreleri bina yükleri üzerinde etkili olacağı bilhassa eski binalarda bunun daha da geçerli olduğu düşünülerek aşağıdaki parametreler seçilmiştir.

Ofis binası 2500 m² iklimlendirilmiş alana haiz olup, binanın bulunduğu şehirler İskenderun, Antalya, İstanbul ,Artvin ve Ağrı olarak seçilmiştir. Bütün binalarda uzunluk/genişlik oranı 3 olarak alınmıştır. Bilgisayar hesaplama süresini kabul edilebilir seviyede tutmak amacıyla bina büyüklüğü sabit değerde tutulmuştur.

Bina üç katlıdır ve zeminden zemine kat yüksekliği 3.65 m olarak alınmıştır. Pencere alanı toplam dış duvar alanının %20 olarak seçilmiş, bina toplam direnci ASHRAE hesaplamalarına göre R-0.36 alınmıştır. Gölgeleme faktörü 0.51, duvar yalıtımı R-0.89, çatı yalıtımı R-1.95 dir. Aydınlatma armatürleri, yangın söndürme sistemi, iletişim hatları, HVAC sistemi, kanallar ve borular için 0.61 m asma tavan yüksekliği bırakılmıştır. Bina dış cepesinde herhangi bir gölgeleme elemanı bulunmamakta ve ayrıca bina yakınında gölgeleme yapabilecek yüksek bina bulunmadığı kabul edilmektedir. Binada çatı penceresi veya teras yoktur. Bina duvar ve çatısı güneş ışınımı yutma katsayısı 0.9 olan koyu renkli olduğu kabul edilmiştir. Referans değerler açısından tipik bir ofis binası olarak 9.3 m² (100 ft²) zemin alanında bir kişinin olduğu ve 26.9 W/m² (2.5 W/ft²) aydınlatma yapıldığı kabul edilmiştir.

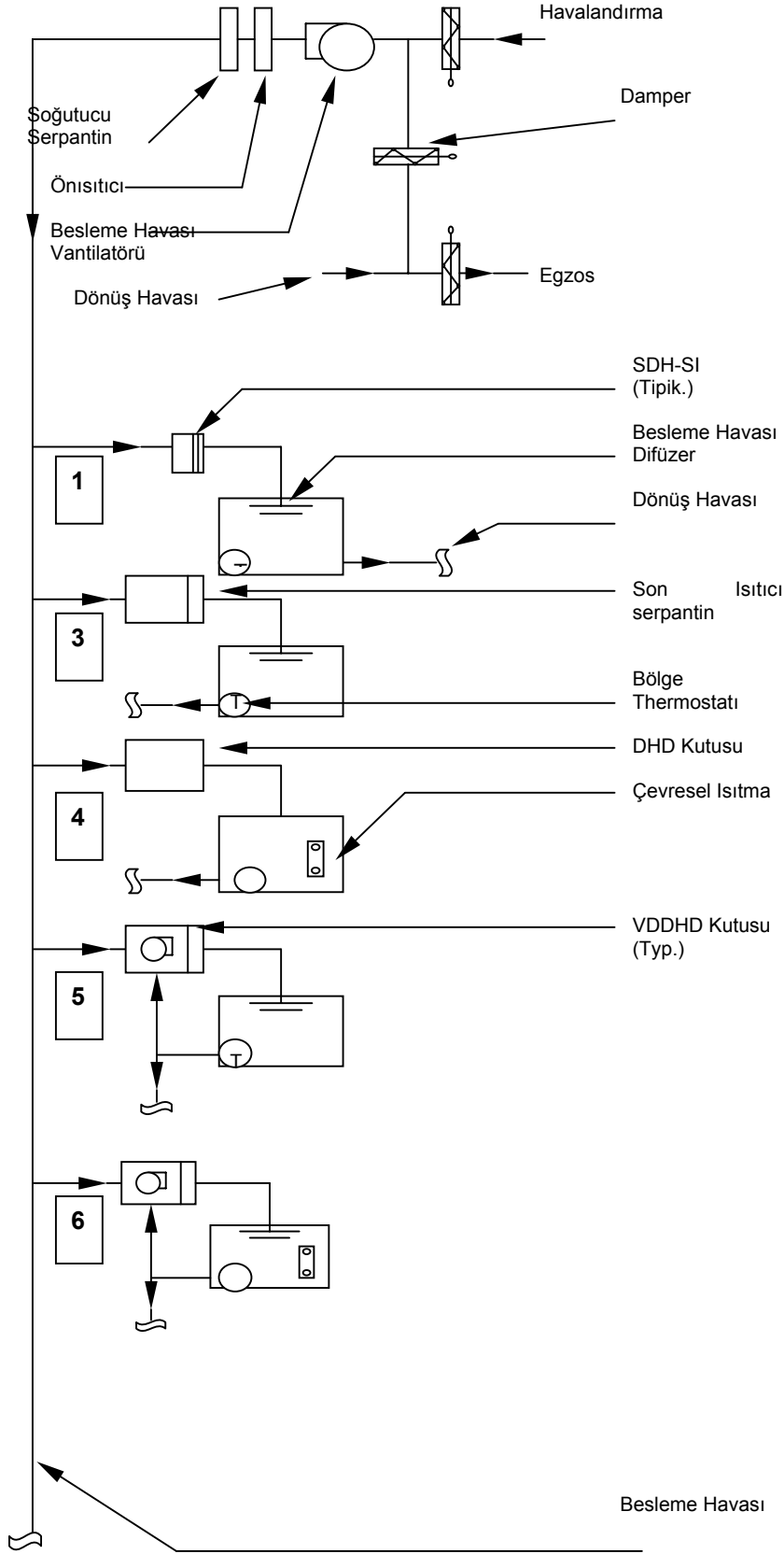
Binanın her katı dört tanesi yönlere bağlı olarak dış kabuk (kuzey, doğu, güney, batı) ve biri de iç bölge olmak üzere ısı yönden beş bölgeye ayrılmıştır. Dış bölgeler 83.6 m² ve iç bölge ise 594 m² iklimlendirilmiş alana haizdir. Coğrafi ve iklim verileri sadece beş şehir için değiştirilmiştir. Binanın yerleştirilmesi, hava sızması miktarları sabit alınmıştır. Minimum havalandırma miktarı 9.33 lt/s (20 CFM/kişi) olarak IAQ standartlarına göre alınmıştır.

Binanın genel işletme şartları tipik bir ofis binası düşünülerek seçilmiştir. Bina sabah 7:00 den itibaren akşam 21:00 e kadar gündüz çalışma modunda, 21:00 den 7:00 ye kadar ise gece çalışma modunda çalışıyor olacaktır. Yıl boyunca 15 tatil günü olduğu ve bu günlerde binanın ısıtma/soğutma sisteminin çalışmadığı ve hafta sonlarında binanın hafta sonu çalışma modunda çalışacağı kabul edilmiştir.

Binanın zemini halı kaplıdır ve iç hava şartları 24 °C kuru termometre sıcaklığında ve %50 bağıl nemde alınmıştır. Hafta sonları ve hafta içinde binanın kullanılmadığı dönemler için soğutucu ve ısıtıcı termostat değerleri sırasıyla 35 °C ve 16 °C olarak belirlenmiştir.

HVAC SİSTEMLERİ

Genellikle HVAC sistemlerinin hava tarafı ekipmanları iki temel sınıfa ayrılır: Sabit hava debili sistemler (SHD) sabit tasarım kapasitesinde sürekli olarak çalışırken, değişken hava debili sistemler (DHD) sözkonusu bölge çerçevesinde konfor şartlarını sağlayacak hava debisinde kısmi yüklerde de çalışabilirler. Çok bölgeli binalarda SHD sistemleri kullanarak besleme havası sıcaklığı bölgeler arasında en yüksek talep temel alınarak seçilir ve geriye kalan bölgeler için aşırı soğutmayı engellemek için son ısıtma yapmak gerekebilir. DHD sistemler ise hava debisi talebine göre vantilatör güçleri ayarlanabildiği için daha verimli olduğu düşünülebilir. DHD sistemlerin pek çok tasarım tipi mevcuttur; bununla beraber bu çalışmanın hedefleri açısından tatmin edici olacağı düşünülerek bu sistemlerden sadece birkaçının simülasyonu esas alınmıştır.



Şekil 1. Değişken hava debili sistem şematik gösterimi

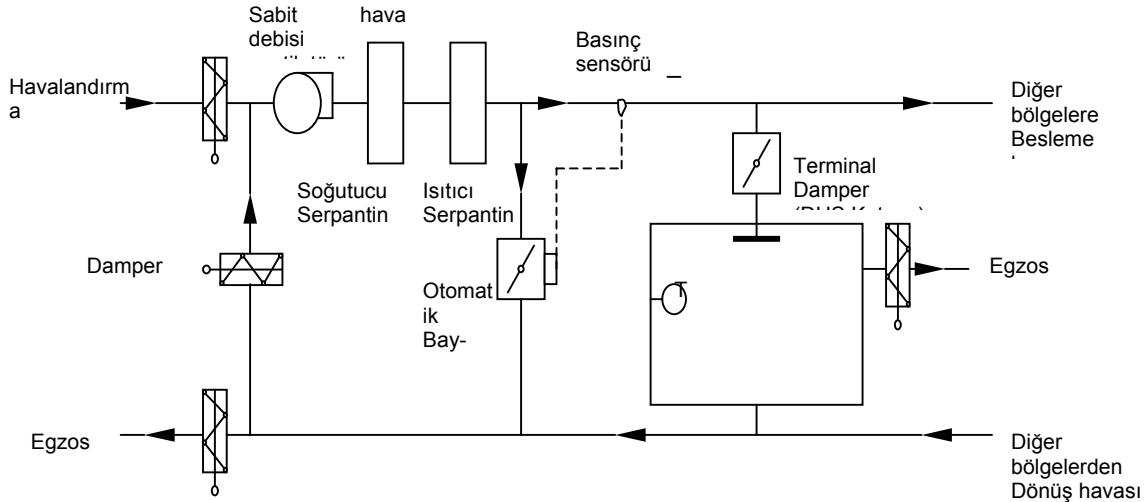
SHD sistemleri isminden de anlaşılacağı gibi her iklimlendirilen bölgeye sabit miktarda hava gönderir ve hava miktarı en yüksek tasarım yüküne göredir. Her bilgede arzu edilen sıcaklıkların temin edilmesinde farklı yöntemler mevcuttur. Bunlar arasında son ısıtılmalı sistemler (SHD-SI) ve dış hava ile çalışan fan-coil sistemleri sayılabilir. DHD sistemler arasında ise DHD-SI , DHD-VD, vanilatör destekli dış bölge ısıtılmalı (VDDHD-ÇI) ve vanilatör destekli dış bölge son ısıtılmalı (VDDHD-SI) ve oda bazında kontrollü (ONOFF-ÇI) sistemler simülasyonda ele alınmıştır (Şekil 1).

DHD-ÇI sistemlerin işletilmesi DHD-SI sistemlerine benzer ancak binanın dış kabuk bölgelerine yerleştirilen ikinci bir ayrı sistem ile ısıtma yapılır. Bu ısıtma sisteminin kapasitesi binanın dış kabuk bölgesinin ısı kaybına ve bu bölge için yapılacak ilave ısı miktarına bağlıdır.

DHD-ÇI sistemi ısıtmada taşınım ile ısı geçişinin rol oynadığı sistemleri esas aldığından düşük üfleme hızlarında düzgün dağılımlı bir sıcaklık dağılımı vermeyebilir. Bu durum ise binanın söz konusu bölgesinde daha fazla enerji harcamasına yol açar [4]. VDDHD-SI sistemde ise ısı ışınım ve taşınım ile nakledileceğinden, havanın düzgün dağıtılmasındaki zorluk bertaraf edilmiş olur. Isıtma sistemleri mevcut olan eski binalarda, iklimlendirme sisteminin ilavesi söz konusu olduğunda bu sistem göz önüne alınmalıdır.

OnOFF-ÇI sisteminde iklimlendirme bölgesine hava sabit sıcaklıkta gönderilir. Çalışma saatleri boyunca belirli zonlarda soğutma yükü azaldıkça terminal damperi o bölgeye verilecek hava miktarını azaltır. Eğer soğutmaya ihtiyaç yok ise ve konfor şartlarının sağlanması açısından bölgede ısıtma gerekli ise bu durumda çevresel ısıtma devreye girer.

DDS sistemleri ise değişken hava debili ve sabit hava debili sistemler arasında benzerlikler içerir, zira bu sistem SHD sistemin hava tarafı ekipmanları ile aynı ekipmanları içerir ve DHD sistemin enerji verimli işletme şartlarının faydasını sağlar. DDS sisteminde (Şekil 2) binaya hava besleme vantilatörü ile verilen toplam hava debisi sabittir ancak her bölgeye verilen hava miktarı değişkendir.



Şekil 2. Değişken hava ve sıcaklık sistemi şematik diyagramı

Bir DDS sistemi sabit debili bir vantilatör, otomatik bay-pass damperleri ve terminal damperlerinden (DHD kutuları) teşkil edilmiştir. Bu şekilde sistem farklı sıcaklık gereksinimleri olan bölgelere hizmet edebilir. Bir saatlik bir zaman diliminde bir bölge ısıtma talebinde iken diğeri soğutma gerektirebilir. Bu durum söz konusu olduğunda, bölgede konfor şartları açısından ısıtma gerekirken merkezi ünite soğutma modunda çalışıyorsa, bu durumda “zaman paylaşımı” söz konusu olacak ve soğutma gerektiren bölge damperleri kapatılarak merkezi sistem ısıtma moduna geçilecektir. Bu çalışma modunda aynı cihazlar e kontroller ile sistem alternatifli olarak çalışacaktır.

SİMÜLASYON SONUÇLARI VE İRDELEME

Söz konusu iklimlendirme sistemlerinin karşılaştırılması ve değerlendirilmesinde ekipman maliyeti, işletme maliyeti ve diğer maliyet kalemleri göz önüne alınmıştır. Ekonomiklik ve sistemin kullanım ömrü süreç maliyetinin simülasyonu, sistem tesis maliyeti, bakım maliyeti, aylık bina enerji sarfiyatı, faiz oranı, enflasyon oranı gibi bazı belirli parametrelere ihtiyaç gösterir. Faiz ve enflasyon oranları %70 ve %98 olarak alınmıştır. Aylık enerji sarfiyatı değerleri ise sistemin simülasyonundan elde edilmiştir. Sistemin ömrü olarak 20 yıl alınmış, tesis ve bakım maliyetleri ise Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1 Ofis binası maliyetleri (\$)

Sistem	Yük(tons)	Sistem Maliyeti (\$/m ²)	Bakım Maliyeti (\$/m ² /yıl)
SHD-SI	80/T	95.	2.8
DHD-SI	73/K	87	2.8
DHD-ÇI	73/K	109	2.8
VDDHD-SI	73/K	97	2.8
VDDHD-ÇI	73/K	120	2.8
ONOFF-ÇI	73/K	109	2.8
DDS	80/T	82	

HVAC sistem maliyeti ısıtma, soğutma ve havalandırma ekipmanlarının ve gerekli sistem kontrolleri ile güç bağlantılarının maliyetini kapsamaktadır. Tabloda sistemlerin maliyetlerinin hesaplanmasında esas alınan yük değerleri T ile maksimum tasarım yükü, K ile kısmi yüke göre dağıtımın yapıldığını belirtmek için kullanılmıştır.

Listelenen sistemler içinde DDS maliyetleri en düşüktür. Bu durum son ısıtma veya çevresel ısıtma sisteminin borulama maliyetinin yokluğundan kaynaklanmaktadır; zira sistemin hava tarafı hem ısıtma ve hem de soğutma için kullanılmaktadır.

Simülasyon sonuçları ofis binalarının HVAC sistem elemanlarının vantilatör enerji ihtiyacı (kWh/yıl), ısıtma enerji ihtiyacı (kJ/yıl), kompresör gücü enerji ihtiyacı (kWh/yıl) ve ilk yıl maliyeti (\$) ve sistemin kullanım ömrü süreç maliyeti (\$) açısından mukayesesini sağlamaktadır.

Tablo 2 de vantilatör, gaz ısıtması ve kompresör gücü için gerekli yıllık enerji sarfiyatları verilmektedir.

Tablo 2. HVAC sistemleri enerji sarfiyatları

Sistem	Vantilatör (kWh/yıl)	Gaz ısıtması (kJ/yıl)	Kompresör (kWh/yıl)
SHD-SI	202343	3474342	315994
DHD-SI	101740	1147581	80628
DHD-ÇI	99904	1124146	63353
VDDHD-SI	100365	1384911	64671
VDDHD-ÇI	100365	723147	64671
ONOFF-ÇI	34308	617320	41322
DDS	202343	718807	92359

Besleme vantilatörü yıllık enerji sarfiyatı açısından değişken hava ve sıcaklık sistemi ile sabit hacimli sistemler 202343 (kWh/yıl) ile en yüksek enerji sarfiyatına sahiptir. Bununla beraber gaz ısıtması ve kompresör açısından DDS ile DHD sistemler aynı seviyeye sahiptir. SHD-SI sisteminde enerjinin fazladan kullanımı soğutulmuş dönüş ve mahal havalarının tekrar ısıtılmasından kaynaklanmaktadır. Tablo değerlerinin mukayesesinden bu sistem için ısıtma ve soğutmada diğer sistemlere göre %60 oranında fazla enerji sarfiyatı olduğu görülmektedir.

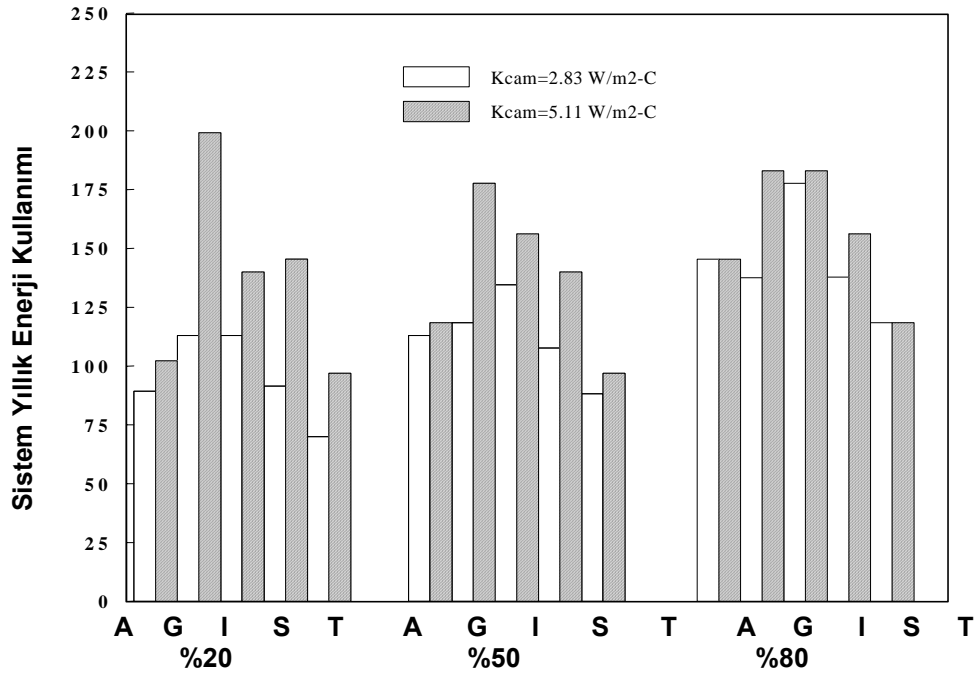
Bir ofis binası için uygun sistemin seçimi uygulama güçlüğüne ve ele alınan ısıl kriterlere bağlıdır. ONOFF-ÇI sistemi tekrar ısıtma düzeneğinin olmadığı DHD sistemin bir örneği olarak, açma-kapama süreci boyunca mahal içinde ısıl yükler neticesinde sıcaklığın artmasına izin verdiği için minimum havalandırma kriterlerini karşılayamayabilir. İlk yıl maliyetleri ve sistemin kullanım ömrü süreç maliyeti Tablo 3 de karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. HVAC sistemleri maliyetleri

Sistem	İlk yıl maliyeti (\$)	Sistem kullanım ömrü süreç maliyeti (\$)
SHD-SI	33095	668176
DHD-SI	18908	507376
DHD-ÇI	18205	568187
VDDHD-SI	19384	547893
VDDHD-ÇI	22095	565790
ONOFF-ÇI	17170	557617
DDS	20279	551617

Bu sistemlerin mukayesesinde en uygun sistem DHD-SI sistemi olup 507376\$ maliyete sahiptir. Yeni bir DDS iklimlendirme sisteminin kullanım ömrü süreç maliyeti 551617 \$ olup DHD-SI sisteminden sadece %8 oranında fazla olması bu sistemi cazip kılmaktadır. Sistemlerin maliyetleri ve enerji sarfiyatları üzerindeki incelemede farklı iklimsel verilerin etkisi sistemlerin sıralamasında bir değişiklik yapmamaktadır. Yine yapılan incelemede Doğu Anadolu ve İç Anadolu gibi daha soğuk ve ısıtmanın önemli olduğu bölgelerde DHD-ÇI sistemlerinin DHD-SI sistemlerinden daha avantajlı olduğu zira daha etkin ısıtma yaptığı gözlenmektedir. Her ne kadar kullanım ömrü süreç maliyeti açısından DHD-ÇI sistemi DHD-SI sisteminden daha fazla ise de, DHD-ÇI sistemi konfor şartlarının sağlanması açısından tercih edilir bir sistem olarak kabul edilebilir.

DDS sistemi sabit hacimli son ısıtılmalı sisteme haiz bir binada yapılacak değişiklikler ile uygulanması açısından daha verimli çalışma şartları sağlamaktadır. Bir binada SHD_SI bir iklimlendirme sistemi mevcut iken bu sistemin DDS sistemine dönüştürülmesinde mevcut HVAC ekipmanları kullanarak dönüşüm maliyeti 43500 \$ olarak hesaplanmıştır. Birim alan başına olan maliyet ise 15.6 \$/m² dir. Yılda 12816 \$/yıl net tasarruf sağlanacağı da göz önüne alınırsa sistemin geri ödeme süresi 3.39 yıl olarak tesbit edilmiştir.



Şekil 3. Yıllık HVAC enerji kullanımının cam toplam ısı geçiş katsayısı ve cam alanına göre değişimi

Bina cam yüzeyinin toplam bina dış yüzeyine olan oranları da % 20, % 50 ve % 80 olarak üç farklı oranda programa dahil edilmiştir. Cam yüzeyleri binanın dört cephesinde de aynı oranlardadır. Buna göre farklı iklim verilerine göre DHD bir sistemdeki yıllık enerji sarfiyatlarındaki değişim Şekil 3 de görülmektedir. Görüldüğü gibi ısı yüküne tesir eden parametre doğrudan sistemin enerji sarfiyatına etki eder durumdadır.

SONUÇ

DDS sisteminin sabit debili ve değişken debili sistemler ile karşılaştırılması sistem hakkında son derece faydalı sonuçlar ortaya koymuştur. Çalışmada farklı HVAC sistemleri sistem seçimi, tasarım ve sistemlerin kurulmasında önemli olan enerji sarfiyatı ve maliyetler açısından karşılaştırılmıştır. Doğal olarak yerel şartlara göre maliyet faktörleri değişecektir. Buna bağlı olarak sistemin kullanım ömür maliyeti ve geri ödeme süreleri de farklılaşacaktır. Ancak çalışma sonucunda elde edilen bulguların sıralamasında bu etkilerin rolünün fazla olması beklenmemelidir. Sonuçlar göstermiştir ki DDS sistemi konut dışı yapılarda tasarım esnasında göz önüne alınmalıdır. Yine bu sistem enerji açısından verimi düşük olan SDS-SI sistemleri yerine daha yüksek sistem verimlerine ulaşılabileceğini göstermektedir. 2500 m² alana haiz bir ofis binası için geri ödeme süresi 3-4 yıl olarak görülmektedir.

İklim verilerinin, cam yüzeyinin değişimi sadece ısı yükü üzerinde beklenen etkiyi vermekte, bağlı olarak sistem yükleri ve kapasiteler artmaktadır. Ancak uygun sistemin seçilmesi aşamasında önemli olan parametrelerin maliyet ve sisteme bağlı enerji sarfiyatı verimliliği olacağı, ısı konforunda beklenen önceliklere göre sistem seçiminin yapılmasının gerekliliği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Handbook: HVAC Systems and Equipment, ASHRAE Yayınları, Atlanta, (1992)
- [2] Brothers,P.W.,Warren,M.I., ASHRAE Transactions, 92(2B),19,(1986).
- [3] Chen,Q ASHRAE Transactions, 96(1)344 (1990).
- [4] Stanford,H.W. Analysis and Design of HVAC Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs,N.J.(1988)

ÖZGEÇMİŞ

Nurdil ESKİN

1958 yılı Tekirdağ doğumludur. Boğaziçi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden önce lisans daha sonra da yüksek lisans diplomalarını alarak 1981 yılında mezun olmuştur. Bilim doktoru derecesini İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği programında 1990 yılında almıştır. 1990-1992 yılları arasında öğretim görevlisi, 1992-1997 yılları arasında Yardımcı Doçent ve 1997 yılında doçent ünvanını kazanarak 1997 den günümüze Doçent olarak İ.T.Ü. Makina Fakültesinde görev yapmaktadır.

İki-Fazlı Akışlar ve Uygulamaları, Isı Tekniği Uygulamaları, Dizel Motorlarda Yanma ve Soğutma, Akışkan Yataklı Kazanlar konularında çalışmaktadır