

YAZ İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE KANAL ÇAPLARININ BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE HESAPLANMASI**Mustafa AKTAŞ Mustafa Bahadır ÖZDEMİR**

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 06500, Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, iklimlendirme sistemlerinde kullanılan kanal çaplarının hesaplamalarını yapan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program ile iklimlendirme sistemindeki dağıtım ve toplama kanalları hatlara ayrılmıştır. Böylece karmaşık hesaplamaların daha kolay ve daha anlaşılır hale getirilmesi sağlanmıştır. Borland delphi 7 kullanılarak hazırlanan program, veri giriş ekranı (VGE) ve sonuç ekranından (SE) oluşturulmuştur. İlk ekranda iklimlendirme sistemine ait bilgiler istenmekte; ikinci ekranda ise kullanıcının girdiği bazı temel bilgiler ile; gerekli olan iklimlendirme sistemi dağıtım ve toplama hatlarının kanal çapları hesaplanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklimlendirme, Isıl konfor, Kanal çapları**THE CALCULATION OF DUCT DIMENSIONS WITH COMPUTER PROGRAMME IN THE SUMMER AIR CONDITIONING SYSTEMS****ABSTRACT**

In this study, a computer programme has been prepared to do duct dimensions calculations used in the air conditioning systems. With this programme, the distribution and suction ducts are separated the lines in the air conditioning systems. In this way, complex calculations have been proved easier and more comprehensible condition. The program which has been composed of data entrance screen (DES) and result screen (RS) prepared by using Borland delphi 7. On the first screen the knowledges interested in air conditioning systems are demanded on the DES, on the second screen the duct dimensions have been calculated to necessary air conditioning system distribution and suction lines with some basic knowledges entered by user's.

Key Words: Air conditioning, Thermal comfort, Duct dimensions**1. GİRİŞ**

İnsanlar her ne kadar değişen dış hava şartlarına göre kendi hayat şartlarını ayarlıyorlarsa da, kendilerini rahat hissedebilmeleri için bazı konfor şartlarının olması gerekmektedir. İnsan vücudunun termik şartları, değişik çevre fiziki şartlarına uyum sağlamak durumundadır. Bunun yanında rahatlığın sağlanması tamamen dış hava fiziki şartlarına da bağlı değildir. İnsanın üzerine giymiş olduğu elbise, sağlık, besin maddeleri, yaşlılık, mevsim şartları ve yapılan işin cinsi gibi yan etkenler de rahatlığa doğrudan etki etmektedir. İnsan rahatlığına etki eden en önemli faktörler; havanın sıcaklığı, mahal duvar sıcaklığı, hava hareketi, hava nemi, koku ve gazlar, çevre gürültüsü ve aydınlatmadır [1].

Kusurlu bir havalandırma ve iklimlendirme yapılması halinde, insanların çalışmaya karşı duyduğu istek bir hayli azalabildiği gibi, genel sağlık durumu da bozulabilir. Havanın temizliği sorunu, dikkate alınması gereken faktörlerden sadece birisidir. Havanın sıcaklığı ve hareketi sorunları ise daha fazla değilse bile, en az temizlik kadar önemlidir [2].

Solunum yolları hastalıklarıyla diğer bazı hastalıkların mikroplu hava aracılığı ile yayıldığına hiç şüphe yoktur. Uzun süre bu tehlikenin farkına varılmamıştır. Bununla beraber, son zamanlarda bu konuya büyük önem verilmektedir. Tecrübelerin gösterdiğine göre, öksürme ve aksırma sırasında, bakteri yüklü damlacıklar uzak mesafelere kadar yayılabilmekte, bu mikroplu damlacıklar havada süspansiyon yani askı halinde kalmaktadır. Tıbbi Araştırma Komiteleri tarafından hazırlanan raporlarda, havadaki bakteri oranını azaltmanın en etkili çaresi olarak uygun şekilde havalandırma ve iklimlendirme yapılması öğütlenmektedir.

2. İKLİMLENDİRME

İnsan hayatında iklimlendirmenin sıhhat bakımından önemi büyüktür. “İklimlendirme”; bir ya da birkaç mahalin havasının dış hava şartlarından bağımsız olarak, istenilen iklim şartlarına suni olarak getirilmesidir [1]. Oturma mahallerindeki insan rahatı ve sıhhatinin daim olabilmesi ve çalışan insanlardan daha iyi verim alabilmek için önce içinde bulunulan mahalin hava şartlarının iyi olması gerekir. Havada olması gereken şartları ise; havanın tazeliği, temizliği, nemi, sıcaklığı ve hızı oluşturmaktadır.

Ayrıca “İklimlendirme”; kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılması olarak da tarif edilebilir. İklimlendirmenin uygulama sahası genel olarak konfor maksadına dayalı uygulamalar (konutlar, uçaklar, gemiler, mağaza ve dükkanlar vb.) hassas cihaz ve makinaların bulunduğu mahaller (laboratuvarlar, makina ve cihaz test ve ayar odaları, bilgi işlem merkezleri vb.) ve endüstriyel uygulamalar (matbaa ve basım işlemleri, tekstil ve benzeri prosesler zirai maddelerin kurutulması ve depolanması vb.) olarak üç ana grupta toplanabilir [3].

2.1. Isıl konfor

“Isıl konfor”; insanın, bulunduğu ortamın ısıl şartlarından hoşnut olma halidir. İnsan ile ortam arasındaki ısı alışverişini etkileyen büyüklükler ortamın ısıl şartlarını oluştururlar. Bunlar ortam havasının kuru termometre sıcaklığı, bağıl nemi, hızı ve ortamın ısı ışınım sıcaklığıdır. Bir ortamın ısı ışınım sıcaklığı, ortamı çevreleyen ve ortamda bulunan yüzeylerin sıcaklıkları ile ilgilidir. İnsandan ortama olan ısı geçişi, faaliyet türü ve derecesi ile giyim şekline de bağlıdır. Örneğin; nispeten yavaş hareket ettikleri için yaşlılar gençlere göre daha sıcak ortamlarda rahat ederler, üşüdüğümüz zaman üstümüze bir şeyler alırız [4].

İnsan vücudu sürekli olarak ısı üretir. Bu enerjinin bir bölümü kas işini karşılamak ve vücut iç sıcaklığını korumak için kullanılır, kalan bölümü hem deri (çıplak ve giyimli) yüzeyinden hem de solunum yolu ile gizli ve duyulur ısı şeklinde ortama atılır, Vücut ürettiği ısıdan daha fazlasını ya da azını kaybetmeye ancak sınırlı bir süre dayanabilir. Ortama gereken hızda ısı geçişi olmazsa, vücut normal iç sıcaklığın (yaklaşık 36.5 °C) korumak için fizyolojik denetim mekanizmalarını harekete geçirir. Ancak, bu mekanizmaların koruyucu etkileri sınırlıdır.

Konfor iklimlendirmesinde, dinlenen veya hafif yoğunluktaki bir işle uğraşan insanların bulunduğu bir ortamda, bağıl nem % 50 havanın sıcaklığı ile ortamın ısı ışınım sıcaklığı birbirlerine eşit veya yakın değerlerde iken, mevsimin gerektirdiği normal şekilde giyinmiş insanlar için uygun hava sıcaklığı ve hızı, kışın 21 °C – 22 °C ve 0.15 m/s, yazın 24 °C – 26 °C ve 0.25 m/s dir. Yazın bağıl nemi % 35’e düşen bir ortamda, hava sıcaklığı 26 °C’ye yükseltilmelidir.

Ortam havasının sıcaklığı 27 °C’nin üzerinde ise 0.25 m/s - 1.25 m/s hız ile hareket eden hava, genellikle insanlarda serinletici etki yaratır. Hava hızının yüksek değerleri, ortamdaki bağıl nemin % 60’ı aşması halinde tercih edilmelidir. 1.25 m/s ‘den yüksek hava hızları, çok sıcak ve çok nemli ortamlar hariç, insanları rahatsız eder. Bağıl nemi % 30 - % 70 arasında olan bir ortamın diğer ısıl şartlarını değiştirerek yazın ve kışın ısıl konfor sağlanabilir. Bağıl nemi % 75’i aşan ortamlarda bakteri ve virüslerin daha çok ürediği ve bulunduğu, bağıl nemi % 23’ün altın olan ortamlarda ise solunum yolu hastalıklarının daha sık görüldüğü ayrıca, hava sıcaklığının da 21 °C ‘nin altına düşmesi halinde ortamda statik elektriklenmenin başladığı bilinmektedir. Ortam havasının sıcaklığı; kışın 19 °C ise ısı ışınım sıcaklığı 24 °C yazın 31 °C ise ısı ışınım sıcaklığı 25 °C olduğunda ısıl konfor sağlanır. Bir ortamı oluşturan yüzeylerin sıcaklığı, önemli ölçüde yapı bileşenlerinin ısı yalıtım ve ısı depolama özelliklerine bağlıdır. Bu sebeple, yönetmeliklere uygun, inşa edilmiş yapılarda ısıl konforun sağlanması daha kolay ve ucuzdur.

2.2 Temiz ve taze hava gereksinimi

Bir ortamın havasında kirletici olarak; tozlar, katı ve sıvı maddelerden oluşan dumanlar, buğular, sisler, buharlar ve gazlar bulunabilir. Bunlar; organik veya inorganik görülebilir veya görülemez, yanıcı veya yanmaz ve zehirli veya zehirsiz olabilirler. Kirli havanın insanlarda baş ağrısı, mide bulantısı, boğaz ve akciğerlerde tahriş, bitkinlik ve alerjik reaksiyonlar gibi rahatsızlık ve hastalıklara yol açtığı belirlenmiştir. Temiz hava; insan sağlığı ve konforu bakımından olduğu kadar ortamda bulunan eşyaların, hassas cihazların ve iklimlendirme cihazlarının verimli ve uzun süre kullanılabilmesi bakımından da önemlidir [4].

3. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ

Hava soğutma sistemleri bir ya da birkaç mahalle birden hizmet verebilirler. Bu sistemler bir muhafaza kabı içine yerleştirilmiş elektrik motoru, soğutucu, fan ve diğer küçük detaylardan meydana gelmektedir. Bu sistemin içine bazen de ısıtıcı da yerleştirilerek, yazın serinletme, kışın da ısıtma amaçlı olarak kullanılabilir. Normal şartlarda hava soğutma sistemlerinde havanın nemlendirilebilmesi mümkün olmamakla birlikte, soğutucu yüzeyden geçen hava içindeki bir miktar su buharının yoğunlaşması ile de havadan bir miktar nem çekilebilmektedir [5].

İklimlendirme tesislerinde kullanılan hava kanallarının başlıca görevi, tesisatın çeşitli bölümlerine ilişkin hava debilerinin hareketini ve dolaşımını sağlamaktır. Bu görevle yükümlü olan hava kanallarının dağıtma veya basma kanalları, toplama veya emme kanalları ve çevrim kanalları olarak gruplandırılması mümkündür [6].

İklimlendirme sistemleri; montaj durumuna, hava hazırlama durumuna, hava üfleme durumuna, kullanım amacına, enerji durumuna, büyüklük ve montaj durumuna göre çeşitlilik göstermektedirler. Günümüzde iklimlendirme sistemleri; pencere tipi klima sistemi, oda klima sistemi, dolap tipi klima sistemi, sandık tipi klima sistemi, ayrıklı sistem klima, çatı tipi klima sistemi, konut tipi klima sistemi ve çok bölgeli klima sistemi olarak uygulanmaktadır.

4. BİLGİSAYAR PROGRAMININ HAZIRLANMASI

Borland delphi 7 programlama dili kullanılarak hazırlanan programda iklimlendirme sistemlerinde kullanılan kanalların (dağıtım ve toplama) çap hesabının yapılması amaçlanmıştır. Yazılımda kullanılan temel parametreler aşağıda verilmiştir.

4.1. Kanal çapı hesapları

Sistemde kullanılan fan, motor, ısıtıcı, soğutucu gibi makina ve teçhizatların güçlerinin belirlenmesinde, hava kanallarının fiziki yapı ve temel özelliklerinin bilinmesi gerekir. İklimlendirme sistemi kanallarındaki basınç kayıplarının oluşmasında, kanal cidarlarındaki sürtünme, ara bağlantı parçalarındaki pürüzler, yön değiştirmeler ve çap daralmaları etkili olmaktadır. Kanallardaki basınç kayıplarının hesabı; kanal yapımında kullanılan malzemenin, kanaldaki hava hızının ve kanal boyunun bilinmesi durumunda, kanal ağının toplam basınç kaybının bulunması ile mümkün olur [5].

İklimlendirme esaslarında havanın ısıtılması, havanın soğutulması, havanın neminin alınması ve havaya nem verilmesi klima santralinde bir kanal sistemi içinde yani sürekli akışlı, sürekli açık sistem şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Sürekli akışlı sürekli açık sistem için termodinamiğin birinci kanunu en genel halde;

$$\dot{\theta} - \dot{W} = \dot{m} \left[h_2 - h_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right] \quad [4.1]$$

veya

$$\dot{\theta} - \dot{W} = \dot{m} (\Delta h + \Delta ke + \Delta pe) \quad [4.2]$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır [7,8,9]. İklimlendirme sistemi kanallarında yapılan iş, kinetik enerji değişimi ve potansiyel enerji değişimi sıfırdır.

4.1.1. Kanallardaki hava hızlarının tespiti

Kanallardaki hava hızı; kanalın kullanım yeri ve yapının cinsi ile ses durumuna bağlıdır. Havanın kullanım amacına göre uygun hava hızı seçmek gerekmektedir. Gereğinden fazla hız seçilmesi durumunda, kanallarda istenmeyen sesler ve gürültü oluşur. Ayrıca; hava hızı sistem fanının gücü ile ilgili olduğu için; hız artınca fanın debisi ve yükünü de arttırmak gerekir. Hava hızının gereğinden düşük seçilmesinde de yeterli hava debisine ulaşamadığından, istenilen şartlardaki havalandırma ya da iklimlendirme yapılamaz. Kanallardaki hava hızı endüstri ve konfor tesislerinde farklı seçilmektedir. Çizelge 1'de kanalın kullanım yeri ve kısımlarına göre seçilecek uygun hava hızları verilmiştir.

Çizelge 1. Kanallarda Olması Gereken Uygun Hava Hızları [10]

Kanal kısımları	Yaklaşık hava hızları (m/s)		
	Alçak basınçlı sistemler		Yüksek basınçlı sistemler
	Konfor tesisleri	Endüstri tesisleri	
Hava üfleme ağızı	1,0...4	3...5	Ana kanallar: 12...15 Yan kanallar: 10...12
Atma ve dönüş havası ağızı	2...3	3...4	
Dış hava giriş ağızı	2...4	4...6	
Ana kanallar	4...8	8...12	
Tali (yan) kanallar	3...5	5...8	
Ana kanallarda sınır değerleri: Köşk: 3 m/s; Apartman, otel, hasta odası: 5 m/s; Özel bürolar ve müdüriyetler, kütüphaneler, tiyatrolar ve konferans salonları: 4 m/s; Bürolar, lokantalar, bankalar: 7...8 m/s; Alış-veriş merkezleri: 8..9 m/s			

4.1.2. Kanal kesit alanının tayini

Havalandırma ve iklimlendirme kanal çaplarının tayini; sistemin toplam hava debisinden hareketle bulunur. Hava debisi, havalandırmada toplam hava ihtiyacından ve iklimlendirme sistemlerinde de toplam ısı kazancı ya da ısı kaybı bulunarak tespit edilir. Bu çalışmada, yaz iklimlendirmesinden hareketle toplam ısı kazancına göre toplam hava debisi hesaplanmıştır.

Sistemdeki toplam havanın hacimsel debisi;

$$\dot{\theta} = \dot{V} \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Delta T \quad [4.3]$$

Kanalın kesit alanı;

$$\dot{V} = A \cdot v \quad [4.4]$$

Ayrıca hidrolik çap ise;

$$D_h = \frac{4A}{\zeta} \quad [4.5]$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır.

4.1.3. Kanal kenar oranları

Kanallar boyutlanırken, kat yüksekliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Kat yüksekliğinde bir problem yok ise normal şartlarda, kanal kenar oranlarının 2/3 olarak alınması en uygun olanıdır.

4.1.4. Benzerlik Kanunu

Aynı hacimsel debideki havanın değişik kesit alanlarındaki kütleli debisi de aynıdır. Bunun için;

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = A \cdot v \cdot \rho \quad [4.6]$$

eşitliği ile A kesit alanından v hızında akan havanın kütleli debisi hesaplanmaktadır.

5. BİLGİSAYAR PROGRAMI

Programdaki bilgiler iki kısımda ele alınmıştır. Birinci kısım bilgiler program hazırlanması aşamasında yazılımında kullanılmış olup, Madde 4’de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. İkinci kısım bilgiler ise kullanıcı tarafından belirlenmekte ve programın veri giriş ekranında kullanılmaktadır.

Şekil 1 ve 2’de görüldüğü üzere veri giriş ve sonuç ekranında kullanıcı tarafından; dağıtım ve toplama hat sayıları, dış sıcaklık °C, iç sıcaklık °C ve kanal geometrisi seçilerek devam butonuna basılır. Devam butonuna basılmasıyla ekranın alt kısmında iki bölümden oluşan dağıtım ve toplama kanallarının boyutlandırılmasını hesaplamamızı sağlayan bölüm görünür. Bu bölümde her hat için kullanıcı tarafından; ısı kazançları (kW) ve hava hızları (m/s) girilir ve hesaplama butonuna basılır. Hesaplanan dağıtım kanalı boyutları ekranda memo1’de, toplama kanalı boyutları da memo2’de görülür. Sonuçlar kaydet butonuna basılarak text belgesi olarak kaydedilir, çıkış butonuna basılarak programdan çıkılabilir [12,13].

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Şekil 1 ve Şekil 2’de iklimlendirme sisteminde hesaplamalarla ilgili VGE ve SE görülmektedir. Örnek teşkil etmesi amacıyla 10 adet dağıtım ve 8 adet toplama hattına sahip bir sistem için VGE’den girilen değerlere bağlı olarak SE’de her bir kanalın hat numarası, hava hızı, kanal boyutu ve kanalın hidrolik çapı verilmektedir.

Şekil 1. Veri Giriş Ekranı (VGE)

DAĞITIM	TOPLAMA
1. Hat Isı Kazancı =65kW Hava Hızı=8 m Kanal Boyutları =0,85*0,57 m2 Hidrolik Çap=0,68 m	1. Hat Isı Kazancı =40kW Hava Hızı=8 m Kanal Boyutları =0,67*0,44 m2 Hidrolik Çap=0,53 m
2. Hat Isı Kazancı =55kW Hava Hızı=8 m Kanal Boyutları =0,78*0,52 m2 Hidrolik Çap=0,63 m	2. Hat Isı Kazancı =35kW Hava Hızı=8 m Kanal Boyutları =0,62*0,42 m2 Hidrolik Çap=0,5 m
3. Hat Isı Kazancı =45kW Hava Hızı=7 m Kanal Boyutları =0,76*0,5 m2 Hidrolik Çap=0,6 m	3. Hat Isı Kazancı =30kW Hava Hızı=7 m Kanal Boyutları =0,62*0,41 m2 Hidrolik Çap=0,49 m
4. Hat Isı Kazancı =35kW Hava Hızı=6 m Kanal Boyutları =0,72*0,48 m2 Hidrolik Çap=0,58 m	4. Hat Isı Kazancı =20kW Hava Hızı=6 m Kanal Boyutları =0,54*0,36 m2 Hidrolik Çap=0,44 m
5. Hat Isı Kazancı =25kW Hava Hızı=5 m Kanal Boyutları =0,67*0,44 m2 Hidrolik Çap=0,53 m	5. Hat Isı Kazancı =8kW Hava Hızı=4 m Kanal Boyutları =0,42*0,28 m2 Hidrolik Çap=0,34 m
6. Hat Isı Kazancı =12kW Hava Hızı=4 m Kanal Boyutları =0,52*0,34 m2 Hidrolik Çap=0,41 m	6. Hat Isı Kazancı =6kW Hava Hızı=4 m Kanal Boyutları =0,37*0,24 m2 Hidrolik Çap=0,29 m
7. Hat Isı Kazancı =10kW Hava Hızı=4 m Kanal Boyutları =0,47*0,31 m2 Hidrolik Çap=0,38 m	7. Hat Isı Kazancı =4kW Hava Hızı=4 m Kanal Boyutları =0,3*0,2 m2 Hidrolik Çap=0,24 m
8. Hat Isı Kazancı =8kW Hava Hızı=4 m Kanal Boyutları =0,42*0,28 m2 Hidrolik Çap=0,34 m	8. Hat Isı Kazancı =3kW Hava Hızı=3 m Kanal Boyutları =0,3*0,2 m2 Hidrolik Çap=0,24 m
9. Hat Isı Kazancı =6kW Hava Hızı=4 m Kanal Boyutları =0,37*0,24 m2 Hidrolik Çap=0,29 m	
10. Hat Isı Kazancı =4kW Hava Hızı=3 m Kanal Boyutları =0,34*0,23 m2 Hidrolik Çap=0,28 m	

Şekil 2. Sonuç Ekranı (SE)

Yapılan bu çalışmayla, uzun ve zaman alıcı bir hesap gerektiren, iklimlendirme sistemi kanal çapı hesaplamalarının bilgisayar ortamında yapılması ve iklimlendirme sistemine ait temel bilgi girişi ile kolaylıkla yapılması sağlanmıştır. VGE'de girilmesi gereken; dağıtım ve toplama kanallarının hat sayıları, iklimlendirme yapılacak yerin iç ve dış sıcaklıkları ve kanal geometrisinin ne olacağıdır. SE'de kanaldan akan havanın hızı ve o kanal için ısı kazancı değeri istenmektedir. Zaten ısı kazancı hesaplamalarını yapan program bulunmaktadır. Bu iki program bir arada kullanıldığında iklimlendirme sistemi hesaplamalarının daha kolay ve anlaşılır hale geleceğini söylemek kaçınılmazdır. Yapılan program ile hesaplamalardaki karmaşıklık ortadan kaldırılmış olup; bunun yanında bu program konuyla az bir ilgisi olanlar tarafından da kolaylıkla kullanılabilir.

SEMBOLLER

θ	Toplam ısı kazancı (W)
h	Havanın entalpisi (J / kg)
ρ	Havanın yoğunluğu (kg / m ³)
v	Havanın hızı (m / s)
A	Kanalın kesit alanı (m ²)
c_p	Sabit basınçta havanın özgül ısısı (J / kgK)
Δk_e	Kinetik enerji değişimi (J)
Δp_e	Potansiyel enerji değişimi (J)
W	Yapılan iş (J)
ΔT	Sıcaklık farkı (°C)
D_h	Hidrolik çap (m)
$\Ç$	Kanalın çevresi (m)
\dot{V}	Havanın hacimsel debisi (m ³ / s)
\dot{m}	Havanın kütleli debisi (kg / s)

KAYNAKLAR

1. Doğan, H., "Havalandırma Ve İklimlendirme Esasları", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 2002.
2. Köktürk, U., "Pratik Havalandırma Tesisleri Kılavuzu", Birinci Cilt, **Arpaz Matbaacılık**, İstanbul, 1975.
3. Özkol, N., "İklimlendirme", **Yüksek Teknik Öğretmen Okulu**, Yayın No:42, Ankara, 1982.
4. Özçelebi, S., "İklimlendirme Sistemlerine Genel Bir Bakış", "Klima-Soğutma Rehberi", **Teknik Yayıncılık**, 2000.
5. Doğan, H., "Uygulamalı Havalandırma Ve İklimlendirme Tekniği", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 2002.
6. Köktürk, U., "İklimlendirme Tesisatı El Kitabı", İkinci Cilt, **Afa Matbaacılık**, İstanbul, 1988.
7. Yamankaradeniz, R., "Mühendislik Termodinamiğinin Temelleri", 2. Basım, **Vipaş Eğitim AŞ.**, Yayın No:48, Bursa, 2001.
8. Çetinkaya, S., "Termodinamik", **Nobel Yayın Dağıtım**, Ankara, 1993.
9. Çengel, A., Y., Michael, A., B., "Mühendis Yaklaşımıyla Termodinamik", **Literatür Yayıncılık**, 1996.
10. İhle, C., "Lüftung Und Luftheizung", Band 3, **Werner-Verlag, Karlsruhe**, 1991.
11. Pala, Z., "Borland Delphi Uygulama Geliştirme Rehberi", **Türkmen Kitapevi**, İstanbul, 2003.
12. Karagülle, İ., Pala, Z., "Borland Delphi İle İnternet Programcılığı", **Türkmen Kitapevi**, İstanbul, 2002.
13. Cantü, M., "Delphi 6 Uygulama Geliştirme Kılavuzu", **Alfa Bası Yayın Dağıtım**, İstanbul, 2002.