

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ İÇİN SOĞUTMA YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Hüsamettin BULUT
A. Fatih DURMAZ
M. Azmi AKTACİR

ÖZET

Bu çalışmada, iklimlendirme sistemi kapasitesinin belirlenmesini doğrudan etkileyen soğutma yükü hesap yöntemleri incelenmiştir. ASHRAE tarafından önerilen yöntemler: CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı), TETD/TA (Eşdeğer Sıcaklık Farkı) ve RTS (Işınım Zaman Serileri), VDI tarafından önerilen VDI 2078'de belirtilen yöntem ve piyasada kullanılan basit ve bilgisayar programlarıyla yapılan hesaplama yöntemleri örnek bir binaya uygulanarak, detaylı bir soğutma yükü analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genel itibari ile pratik yöntem hariç sonuçlar arasında bir paralellik mevcuttur. Ancak, değişik yöntemlerle bulunan soğutma yükleri arasında % 5-45 arasında fark tespit edilmiştir. Aradaki bu farklılıklara, yöntemlerde kullanılan farklı katsayılar, binanın bulunduğu yer için uygun olmayan tablo değerleri, binadaki bazı yapı malzemeleri ve elemanları için yöntemlerde verilen tablolarda uygun değerlerin olmaması neden olmaktadır. Konut ve küçük ticari yapılar için kullanılan pratik soğutma yük hesaplamalarının uygun olmadığı görülmüştür. Sağlıklı ve doğru bir soğutma yük hesaplamasında tüm ısı kazancı faktörlerinin ve özel şartların göz önüne alınması gerekir.

ABSTRACT

In this study, cooling load calculation methods which directly affect the capacity of air conditioning systems are investigated. The methods presented by ASHRAE: CLTD/SCL/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor), TETD/TA (Total Equivalent Temperature Differences/Time Averaging) and RTS (Radiant Time Series), the VDI method and the simple hand made and computer calculations methods used in the market are applied to a typical building for determining cooling load. Analysis of load calculations is carried out in detail. The results obtained from analysis are compared with each other. The values obtained from different methods show parallel results. It is observed that there is 5 to 45 % discrepancy between cooling loads calculated from different methods. Different coefficients, inappropriate tabular values for location and insufficient values for building elements given in tables in different methods induce this result. As a result, it is seen that practical calculations used in market are not appropriate for domestic and small commercial buildings. All heat gain factors and special conditions should be taken account in cooling load calculation. A standard method should be arranged for cooling load calculation in Turkey. For this purpose, it is thought that the preparation of appropriate tables according to Turkey conditions will be useful in the view of energy economy and air conditioning systems and their properly applications.

1. GİRİŞ

Günümüzde konforlu, yaşanılabilir ve belirli şartlara sahip ortamların oluşturulma isteği ve zorunluluğu, iklimlendirme sistemlerinin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bunun sonucu olarak, binalarda iklimlendirme sistemlerinin enerjinin önemli bir kısmını tüketmekteki payları artmaktadır. İklimlendirme sistemlerinin ve elemanlarının seçimi temelde soğutma yüküne bağlıdır. Bundan dolayı, bir iklimlendirme veya soğutma sistemi için soğutma yükünün tahmini en doğru bir şekilde yapılmalıdır. Bu tahmin, iklimlendirme sistemleri açısından hem ilk yatırım maliyetinin en iyi bir şekilde tespit edilmesine hem de işletme giderlerinin düşmesine olanak verecektir [1].

Soğutma yükü, oturulacak veya soğutulacak ortamı istenen şartlarda tutabilmek için ortam havasından veya mahalden atılması gereken enerji miktarıdır. Bu enerji miktarını tespit etmek için kapsamlı ve dikkatli bir enerji analizi yapmak gerekir. Soğutma yükünün hesaplanmasına tesir eden bir çok etken vardır ve bunların birbiriyle olan ilişkilerinden dolayı hassas olarak tayinleri çok güçtür. Genellikle soğutma yükü, iç ve dış anlık ısı kazançların belirlenip bunların toplanması ile hesaplanır. İç ısı kazancı; mahal içinde, tamamen dış etkenlerden bağımsız olarak oluşan ısıların toplamıdır. İç ısı kazancını; insanlardan, aydınlatmadan, makinelerden ve komşu mahallerden ısı kazançları oluşturmaktadır. Dış ısı kazancı ise, iklimlendirilecek mahalın dış yüzeyinden içeri giren enerjilerin toplamından meydana gelmektedir [2,3]. Bu hesaplamalar için çeşitli denklem ve önceden hazırlanmış tablo değerlerinden yararlanılır.

Soğutma yükü hesabında, yük bileşenlerin ve etki düzeylerinin göz önüne alınması için, değişik kaynaklarda, birbirinden, gerek yöntemlerin ve gerekse verilerin ayrıntılarında farklılıklar içeren hesaplama yöntemleri ile karşılaşılabılır. Akademik ve endüstriyel çevrelerin üzerinde uzlaştıkları, belirli bir yöntem olmamakla birlikte, mevcut yöntemlerdeki mantık benzerdir [3]. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, sonuç bir tahmindir. ASHRAE [4], VID [5] ve CIBSE [6] tarafından önerilen hesaplama metotları en çok kullanılan yöntemlerdir.

Bu çalışmada bir iklimlendirme sisteminde cihaz seçimini doğrudan etkileyen soğutma yükü hesap yöntemleri incelenmiştir. ASHRAE tarafından önerilen yöntemler: CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı), TETD/TA (Eşdeğer Sıcaklık Farkı) ve RTS (Işınım Zaman Serileri), VDI tarafından önerilen VDI 2078'de belirtilen yöntem, piyasada kullanılan basit elle hesap yöntemi ve SSETLoad [7] ve DW [8] bilgisayar programları örnek bir binanın soğutma yükü hesabında kullanılarak, yöntemler arasındaki benzerlikler ve farklılıklar analiz edilmiştir.

2. SOĞUTMA YÜKÜ HESAP YÖNTEMLERİ

Soğutma yükü hesabı, soğutma yüküne etki eden iç ve dış parametrelerin sayısının çok fazla olması ve günlük periyotta sürekli değişiklik göstermesi sebebiyle karmaşık bir yapıdadır. Bu karmaşık yapının çözülmesinde kullanılan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [9]. Bu çalışmada, ASHRAE ve VID tarafından önerilen bazı yöntemler ile piyasada kullanılan basit hesaplama yöntemleri ele alınmıştır.

2.1. TETD/TA YÖNTEMİ

1967 yılında ASHRAE tarafından yayınlanan ilk yöntem, TETD/TA (The Total Equivalent Temperature Difference/Time Averaging- Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/ Zaman Ortalama) yöntemidir. TETD/TA yöntemi, ülkemizde en fazla bilinen ve uygulanan yöntemdir. Bu yöntem tecrübeli kullanıcılara geniş bir aralıkta geçerli olan sonuçlar verebilmektedir [2,10]. Bu yöntemde mutlak sıcaklık farkı yerine eş değer sıcaklık farkı kullanılmaktadır. Eş değer sıcaklık farkı tanımlaması yapı malzemeleri gün boyu aldıkları ısıyı depolamakta ve bu ısıyı belirli faz kaymasından sonra içeri vermektedir. Hatta güneş battıktan sonra da ısı dengesi sağlanana kadar iklimlendirilen ortama ısı vermektedir [11, 12].

Camlardan kaynaklanan soğutma yükü hesabında, direkt güneş radyasyonu yanında kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla gelen ısı kazançları da hesaplanmaktadır. Tablolarda 1 m² pencere alanından geçen radyasyon ısı değışik katsayılarla çarpılarak birim pencere alanından geçen güneş radyasyon ısı bulunmaktadır. Bu katsayılar ısı yutan pencere çarpım faktörü, yönlerden kaynaklanan çarpım faktörü, boyalı camlar için çarpım faktörü, çift veya üç kat cam kullanma durumuna göre çarpım faktörü, kullanılan panjurlara göre çarpım faktörü ve gölgelik çeşidine göre kullanılan çarpım faktörleridir. Pencerenin radyasyon geçirme oranı çeşitli denklemlerle hesaplanacağı gibi tablolardan alınan yaklaşık değerlerde kullanılabilir. Pencere komşu binanın gölgesinde ise pencereden hiç güneş ışınımı geçmeyecek dolayısıyla pencerenin ısı geçirme oranı sıfır olarak alınacaktır. Pencereleden iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı temelde sıcaklık farkına dayanır.

Duvar ve çatılarda soğutma yükü hesabında, dış ortam ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı yerine eş değer sıcaklık farkı değeri kullanılmaktadır. Eş değer sıcaklık faktörü değerleri tablolarda verilir. Ancak bu tablolar hazırlanırken belirli özellikler referans alınmıştır. Bunun için düzeltilmiş eşdeğer sıcaklık farkı kullanılır ($\Delta T_{eş-düzeltilme}$). Düzeltilmiş eşdeğer sıcaklık farkı;

$$\Delta T_{eş-düzeltilme} = \Delta T_{eş-tablo} + (11 - \Delta T_{gece-gündüz})0.5 + \Delta T_{dış-iç} \quad (1)$$

denklemi ile ifade edilir.

İklimlendirilen mahaldeki elektrikli ışıklandırma gücü eğer belli ise aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazancı denklem ile hesaplanabilir. Ancak elektrikli ışıklandırma gücü belli olmadığı durumlarda ortalama olarak 10-30 W/m² aydınlatma soğutma yükü alınabilir. Makinelere kaynaklanan ısı kazancı makinelerin motor gücü ile direkt orantılıdır. Çalışan motorlarda kullanılan enerjinin bir kısmı iklimlendirilen mahale ısı olarak geçer [12].

2.2. CLTD/SCL/CLF YÖNTEMİ

1972 yılında ASHRAE tarafından önerilen geçiş fonksiyonu yönteminden (TFM, Transfer Function Method) türetilen CLTD/SCL/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor - Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı) doğrudan soğutma yükünü hesaplayan basit bir yöntemdir [2,13].

Bu yöntemde iki dikkat çekici nokta vardır. Bunlardan birincisi; herhangi bir kaynaktan meydana gelen ısı kazancı ile, aynı kaynaktan iklimlendirme sistemine yansıyan soğutma yükünün eşit olmayacağıdır. Depolama etkileri ile oluşan bu fark, tablolardan okunan SCL, CLF katsayıları ile depolama etkileri de hesaba katılarak ortadan kaldırılmıştır. İkincisi, soğutma yüküne tüm yük bileşenlerinin, sürekli olarak ve hep birlikte etkilemeyebileceğidir. Bu yöntemde yerine göre uygun kullanım çarpanları ile hesaba katılmaktadır [2,3].

Kullanılan yapı malzemelerine göre tablolardan malzemelerin ısı iletkenliklerine ve ışınım yayma özelliklerine bakılarak toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanabilir. Yüzey geçirgenliklerinin bulunduğu tabloda taşınım ek olarak ışınım etkileri de dikkate alınmıştır [2,3].

CLTD değerleri, soğutma şartlarında dış yüzeylerde taşınım ve ışınım etkilerini birlikte göz önüne alan ve yapı elemanlarının ısı depolama etkilerini de kapsayan eşdeğer sıcaklık farkıdır. Dış ortam sıcaklığı 29.4 °C değerinden fazla olduğu durumlarda düzeltilmiş CLTD değeri için;

$$CLTD_1 = CLTD_0 + (25.5 - T_i) + (T_o - 29.4) \quad (2)$$

denklemi kullanılmaktadır. Burada, CLTD₁: Düzeltilmiş soğutma yükü sıcaklık farkı, CLTD₀: Tablodan alınan ilk soğutma yükü sıcaklık farkı, T_i: İç ortam sıcaklığı, T_o: Dış ortam sıcaklığıdır.

Pencereleere düşen güneş ışınımı, mahal içine girip, içindeki yüzeylerde yutulduktan sonra zaman içerisinde, mahal havasına geçer ve böylelikle soğutma yükü oluşturur. SCL (solar cooling load) değeri, pencerenin iç ve dış kısımlarında herhangi bir gölgeleme elemanı (panjur, perde vb.) olup olmamasına göre bir referans pencere yüzeyinin birim alanı başına, birim zamandaki güneş ışınımından oluşan soğutma yükü anlamına gelir. SC (Shading Coefficient), pencerenin iç ve dış

kısımında gölgeleme elemanları bulunması nedeniyle ve yaz şartlarında güneş ışınlarının dik geliş açısından ışınımı azaltma etkisini temsil eden boyutsuz bir çarpandır.

Bir insandan geçen duyulur ve gizli ısı kazançları, insanların etkinliklerine göre tablolardan alınır. İnsanların aynı anda iklimlendirilen mahalde olma ihtimaline göre bu değerler kullanım çarpanı ile çarpılır. İnsanlar için kullanım çarpanı, mağazalarda 0.80-0.90, konut ve otel odalarında 0.40-0.60, ofislerde 0.75-0.90 ve endüstriyel mekanlarda 0.85-0.95 değerlerini alabilirler. Eğer ortam sıcaklığı 24 saatlik dönem boyunca sabit tutulamıyorsa, örneğin akşam sistem kapatılıyorsa, duyulur ısının bir kısmı ortamdaki uzaklaştırılmayacağı için "kapatma yükü" oluşur. Bu yük sistem ertesi gün tekrar çalıştırıldığında soğutma yükü olarak ortamda belirir.

Aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazançları, ısı depolaması nedeniyle anında soğutma yükü olarak ortaya çıkmaz. Kullanma çarpanı, soğutma yükü hesaplarının yapıldığı şartlardaki aydınlatma gücünün, toplam kurulu aydınlatma gücüne oranıdır. Bu değer, konut ve otel odaları için 0.30-0.50, ofislerde 0.70-0.85 ve endüstriyel mekanlarda 0.80-0.90 alınabilir. Armatür çarpanı, ürettikleri ısının sadece bir kısmını, iklimlendirilen ortama veren floresan gibi aydınlatma cihazlarında kullanılır. Bu çarpan 32 W gücündeki tek floresan lambası olan devrelerde 2.19 ve 40 W gücündeki tek floresan lambası olan devrelerde 1.18 alınabilir [2, 3].

İklimlendirilecek mahalde bulunan makineler ve cihazlar buldukları ortama ısı verdikleri için soğutma yükü meydana getirmektedir. Makinelere gelen ısı kazancı motor gücüne, motor verimine, motor kullanım çarpanına ve motor yük çarpanına bağlıdır [2,3].

2.3. RTS Yöntemi

ASHRAE tarafından en son yayınlanan Fundamentals Handbook 2001 yayınında [13] soğutma yük hesabı için iki yöntem sunulmaktadır. Bunlar ısı dengesi (Heat Balance-HB) ve ışınım zaman serisi (Radiant time series-RTS) yöntemleridir. Kesin çözüm olarak adlandırılan ve bugüne kadar önerilen soğutma yükü hesap yöntemlerinin temeli olan HB yöntemi, RTS'ye göre daha karmaşık olup bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır. RTS yöntemi, HB hesap prosedüründen türetilen ve bu yöntemle doğrudan ilgili basitleştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem, güvenilir ve daha az işleme olanak sağlayan bir yöntem ihtiyacına cevap vermek için geliştirilmiştir. RTS yöntemiyle, zon tipinin ve farklı yapıların soğutma yükü üzerindeki etkilerinin araştırılması ve karşılaştırılması kolayca sağlanabilmektedir. Bu yöntemin ASHRAE tarafından önerilen diğer yöntemlerden (TFM, TETD/TA) en önemli farkı, iletimle ısı kazancının hesaplanmasındaki farklılıktır. Bu yöntemle soğutma yükü hesaplanırken aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

- Opak yüzeylerden (duvar, çatı) iletilen ısı enerjisine, iletim zaman serisi olarak adlandırılan CTS katsayıları uygulanarak ısı kazançları hesap edilir.
- Saydam yüzeylerden (pencere) olan ısı kazançları yayılı ve doğrudan olarak ayrı ayrı hesaplanırlar.
- Sızıntı (infiltrasyon) ısı kazancı doğrudan soğutma yüküne dönüşür.
- İç ısı kaynaklarından olan ısı kazancı hesaplanır
- Tüm ısı kazançları toplanır ve belirli oranlarda taşınım ve ışınım ısı kazançlarına ayrılırlar. Taşınım ısı kazancı hemen soğutma yükü olarak ortamda hissedilirken, ışınım ısı kazancı ortamda bulunan yüzeylerin ısı depolama özelliklerine göre belli bir gecikmeyle ortama iletilir.
- Işınım ısı kazancına, ışınım zaman serisi katsayısı olarak tanımlanan RTS uygulanarak ışınım kaynaklı soğutma yükü belirlenir.
- Sonuçta, ışınım ve taşınım soğutma yükü toplanarak toplam soğutma yükü bulunur.

RTS yönteminde hesaplar, CLTD/SCL/CLF yöntemine göre daha fazla işlem gerektirmektedir. Bu da hesapların daha detaylı olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Dış hava sıcaklığı ve ısı depolamalar zamanın fonksiyonu (24 saat) olarak hesaplanmaktadır. Ancak bir bilgisayar programı hazırlanmasıyla, işlem adımları daha kolay bir şekilde takip edilebilir. RTS yönteminde tablolar az ve kullanılması CLTD/SCL/CLF yöntemine göre daha kolaydır. RTS ile önce ısı kazançları ve daha sonra soğutma yükü bulunurken, CLTD/SCL/CLF yönteminde doğrudan soğutma yükü hesaplanmaktadır.

RTS yönteminde yapı elemanlarının ısı depolama özelliklerinin belirlenmesi sebebiyle, bina için uygun yapı elemanının seçilmesi olanağını vermektedir. Bu yöntemin, binanın enerji analizine imkan sağlayan ve son yıllarda kullanımı giderek artan BLAST, DOE, ENERGYPLUS gibi bina simülasyon programlarının kullanılmasına gerek kalmadan yapı eleman seçimi için fikir vermesi dikkate değer önemli bir özelliğidir. CLTD/SCL/CLF yönteminde ise sonuçlar sorgulanamamaktadır. RTS yöntemi CLTD/SCL/CLF yönteminden daha güvenilirdir [14,15]. RTS yöntemi HB'dan türetilmişken, CLTD/SCL/CLF yöntemi HB yönteminden türetilen TFM'den türetilmiştir [15]. Tablo 1'de CLTD/SCL/CLF ve RTS yöntemlerinde kullanılan eşitlikler verilmiştir.

Tablo 1. CLTD/SCL/CLF ve RTS Soğutma yükü yöntemlerinin karşılaştırılması [2,9,13].

YÖNTEM	CLTD/SCL/CLF	RTS
Hesaplanan	Soğutma yükü (Tek adımlı yöntem)	Isı Kazancı-Soğutma yükü (Çift adımlı yöntem)
Yük	Saatlik	Saatlik
Dış Yüzeyler	$Q=A.U.CLTD$	$Q=A.U.(T_{güneş-hava}-T_{oda})$
Cam-İletim	$Q=A.U.CLTD$	$Q=A.U.(T_{dış}-T_{oda})$
Cam-Işınım	$Q=A.SC.SCL$	$Q_{dir}=A.E_D.IAC.SHGC$ $Q_{dif}=A.(E_g+E_r).IAC.SHGC_D$
İç Bölmeler	$Q=A.U.(T_{komşu}-T_{oda})$	$Q=A.U.(T_{komşu}-T_{oda})$
Sızıntı-Havalandırma	$Q=M.C_p.(T_{dış}-T_{oda})$	$Q=M.C_p.(T_{dış}-T_{oda})$
İnsan	$Q_{duy}=N.q_{1kişiduy}.CLF$	$Q_{duy}=N.q_{1kişiduy}$
	$Q_{giz}=N.q_{1kişigiz}$	$Q_{giz}=N.q_{1kişigiz}$
Işıklandırma	$Q_{duy}=q.F_{kul}.F_{arm}.CLF$	$Q_{duy}=q.F_{kul}.F_{arm}$
Elektrik Motorları	$Q=(P/\epsilon_M).F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor ve cihaz odada)	$Q=(P/\epsilon_M).F_{kul}.F_{yük}$
	$Q=P.F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor dışarıda cihaz içeride)	$Q=P.F_{kul}.F_{yük}$
	$Q=P.[(1-M)/\epsilon_M].F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor iç. cihaz dış.)	$Q=P.[(1-M)/\epsilon_M].F_{kul}.F_{yük}$
Elektrikli ve Buharlı Cihazlar	$Q_{duy}=q_{cih}.F_{kul}.F_{rad}.CLF$	$Q_{duy}=q_{cih}.F_{kul}.F_{rad}$
	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$
Gaz Yakıtlı Cihazlar	$Q_{duy}=(q_{cih}.F_{kul}.F_{rad}.CLF)/F_{kayıp}$	$Q_{duy}=(q_{cih}.F_{kul}.F_{rad})/F_{kayıp}$
	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$

2.4. VDI 2078 YÖNTEMİ

VDI 2078 Yöntemi, Alman Mühendisler Birliği (VDI, The Association of German Engineer) tarafından önerilen bir yöntemdir [16,17]. Soğutma yükü için VDI 2078'de özet (Abridged) yöntem ve bilgisayar yöntemi olmak üzere iki şekilde verilmektedir. Özet yöntemde iç ortamın sıcaklığı sabit kabul edilir. Bilgisayar yönteminde ise farklı sınır şartlarına göre iç sıcaklık belirlenir [16].

VDI 2078 yönteminde diğer yöntemlere göre farklılık gösteren birkaç farklı nokta vardır. Bunlar iç mahallerde kullanılan soğutma yük faktörü, artık ısı faktörü ve eşit zaman faktörü gibi faktörlerin bir arada kullanılmasıdır.

Soğutma yük faktörü (S_i); binanın yapı malzemelerine, iklimlendirme sisteminin başlangıç ve bitiş saatlerine ve yüzde olarak konvektif ısı yayılım oranına bağlıdır. İç mahaller için soğutma yük faktörü; mahalın ısı depolayabilme durumlarına göre tespit edilmektedir [17].

Aydınlatma cihazlarında elektrik enerjisinin yaklaşık tamamı ısı yada ışık enerjisine dönüşür. Isıya dönüşen elektrik enerjisi de mahalın ısı kazancına direkt olarak etkimektedir. Anma aydınlatma şiddeti kullanım amacına, lambanın cinsine veya tipine göre, özgül aydınlatma değerine tablodan bakılır.

Hesabı yapılan mahalde bulunan toplam aydınlatma cihazlarından, aynı anda açık bulunanların yüzdesi eşit zaman faktörü olarak ifade edilir. Daha çok büyük mahaller için söz konusudur ve gün ışığından faydalanma durumuna göre tespit edilir. Eğer tüm aydınlatma cihazları iklimlendirme süresi boyunca çalışıyorsa eşit zaman faktörü 1 olarak alınır. Tavanlara konulan lambalar çevrelerine ısı verdiklerinde mahalın sıcaklığına doğrudan etki etmektedir. Lambalar havalandırmalı olarak düşünülüyorsa; lambaların yerleştirme şekillerine göre tablodan uygun olan değer seçilir. Havalandırmasız lambalarda artık ısı faktörü 1 olarak alınır [17]. İklimlendirilen mahalde bulunan makinelerden kaynaklanan ısı kazancı, elektrikli makinelerin anma gücüne, elektrikli makinelerin verimine, eşit zamanda çalışan makinelerin yük faktörüne ve iç hacimler için soğutma yük faktörüne bağlıdır.

Pencereden gelen ısı kazancı taşınım yoluyla ve ışınım yoluyla olmak üzere ikiye ayrılır. Taşınım yoluyla meydana gelen soğutma yükü dış hava sıcaklığı ile iklimlendirilen mahal sıcaklıkları farkından dolayı meydana gelmektedir. Pencereden kaynaklanan soğutma yükü diğer yöntemlerden farklı olarak, kuzey yönü maksimum ışınım değerlerine tablolardan bakılmaktadır.

2.5. PİYASADA KULLANILAN BASİT ELLE HESAP YÖNTEMİ

Pratikte piyasada kullanılan basit elle hesap yönteminde soğutma yükü hesabı, taban alana veya mahalın hacmine göre hesaplanmaktadır [18, 19]. Bu yöntem daha çok bireysel klima cihazların soğutma yükünün tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hesaplamalarda, hacim veya taban alan, aydınlatma ve mahalde bulunan insan sayısı olmak üzere üç temel faktör göz önüne alınır. Türkiye'nin 7 farklı bölgesi için bölge katsayıları tespit edilmiştir. Taban alan veya hacim belirlenen bölge katsayısına çarpılarak soğutma yükü hesaplanmaktadır. Örneğin Güneydoğu Anadolu bölgesi için 1 m³ hacme 150-200 BTU/h veya 1 m² taban alan için 450-600 BTU/h ısı kazancı geldiği kabul edilmiştir. İnsan sayısı 4 kişi kabul edilir. Daha fazla insan için kişi başına 600 BTU/h eklenir. Aydınlatma için 500 W üzerinde ise her ek Watt için 3.4 BTU/h ek soğutma yükü hesaplanır. Ayrıca, soğutulacak yere göre keyfi bazı artırımlara gidilir. Genellikle, soğutma yükünü tespit eden kişi, enerji ve ilk maliyeti düşünmeden emniyet sınırlarının çok çok üstünde maksimum bir soğutma kapasitesi tahmin eder.

2.6. BİLGİSAYAR PROGRAMLARI İLE SOĞUTMA YÜKÜNÜN HESAPLANMASI

Bütün yöntemlerde soğutma yükü hesabı, denklem ve tablo değerlerine dayanmaktadır. Ancak bu birbirinden farklı denklemlerin ve karmaşık tablo değerlerinin büyük bir sisteme uygulanması oldukça yorucu ve zaman alıcıdır. Bazı yazılım firmaları veya soğutma alanında faaliyet gösteren firmalar soğutma yükü hesabı yöntemlerinden birisini seçerek ve basitleştirerek paket bilgisayar programı hazırlamaktadırlar. Bu tür programlar genellikle bedava olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Bunun yanında piyasada ciddi hazırlanmış ve ticari olarak satılan profesyonel paket programlar da mevcuttur. Bu programlar yardımıyla soğutma yükü hesabı yapmak, özellikle büyük sistemlerde daha az süre almakta dolayısı ile zamandan tasarruf sağlamaktadır. Paket programların kullanılmasının en büyük dezavantajı, yük hesabının kabul edilen belli şartlar için yapılmasından dolayı esnekliğinin olmamasıdır.

Bu çalışmada, sadece Samsung firmasının geliştirmiş olduğu soğutma yükü hesabı yapılabilen SSETLoad ve Dean&Wood firması tarafından verilen DW soğutma yükü programı örnek binanın soğutma yükü hesabı için kullanılmıştır.

2.6.1. SSETLoad İle Soğutma Yününün Hesaplanması

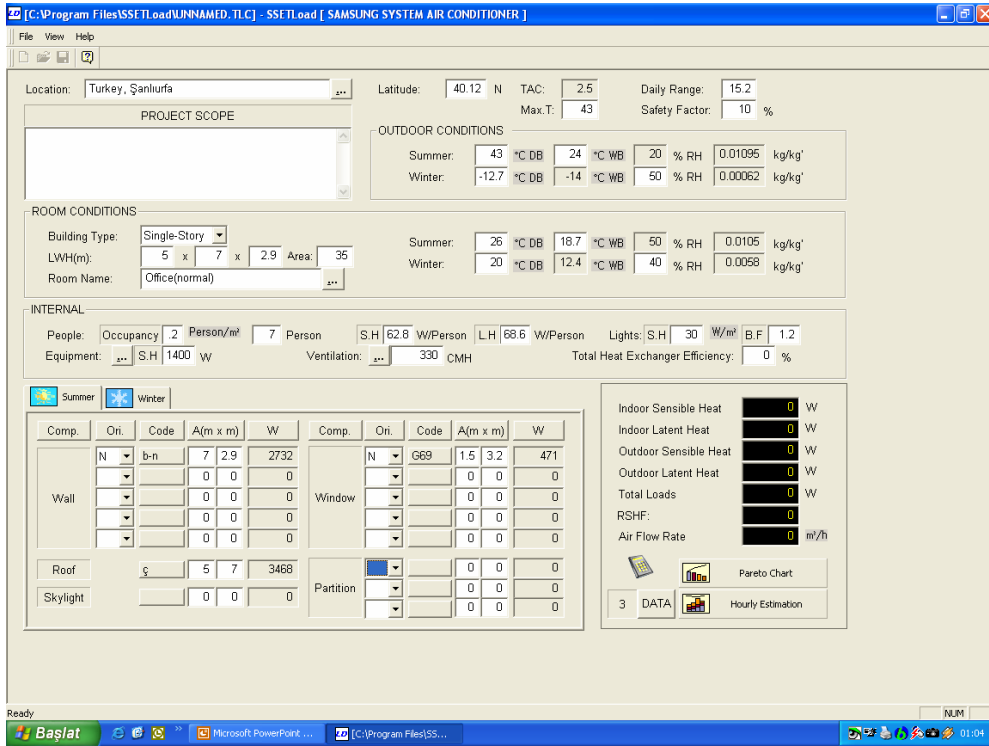
Samsung firmasının geliştirmiş olduğu SSETLoad soğutma yükü hesap programı [7] gelişmiş özellikleri ile dikkat çekmektedir. Şekil 1'de SSETLoad programına ait programın ana sayfası görülmektedir.

Bu programda verilerin belirli adımlara göre girilmesi gerekmektedir. İlk önce iklimlendirme yapılacak mahalin hangi ülke ve hangi şehirde olduğu seçilecektir. Eğer iklimlendirme yapılacak şehir listede mevcut değil ise istenilen şehrin enlemi, maksimum dış hava sıcaklığı ve günlük sıcaklık farkı girilerek bu şehir tanımlanabilmektedir.

Binanın konumu veya kat durumu seçilip ardından oda tipi seçilmektedir. Bu seçimlerden sonra otomatik olarak metrekareye kaç insan düşeceğini program belirlemektedir. Eğer bu tanımlama elimizdeki şartlara uymuyor ise insan sayısını klavyeden girilebilmektedir. Seçilen oda cinsine göre insanlardan kaynaklanan duyulur ve gizli ısı görülmektedir.

Makine ve cihazlardan kaynaklanan soğutma yükü listedeki mevcut makineler ve adedi seçilmektedir. Komşu mahallerden kaynaklanan ısı kazancı duvar malzemesi belirlenerek bulunmaktadır.

Dış duvardan ve pencereden kaynaklanan ısı kazancı; duvarın yönü, duvar malzemesi, duvar alanı, pencere yönü, pencere malzemesi ve pencere alanı mevcut listeden seçilerek bulunmaktadır.



Şekil 1. SSETLoad soğutma yükü hesap programı ana sayfası

2.6.2. DW BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE SOĞUTMA YÜNÜNÜN HESAPLANMASI

DW soğutma yükü hesap programı kapsam olarak SSETLoad programına göre daha sade ve daha basit bir programdır. Şekil 2'de DW programının ikinci adımı olan pencereden kaynaklanan ısı kazancının ile ilgili bölümün görüntüsü bulunmaktadır.

Bu program toplam 6 adımdan oluşmaktadır. Birinci adım; eğer yatay düzlemde cam var ise bu camın yüksekliği ve eni girilir. İkinci adım; pencereden kaynaklanan ısı kazancını belirlemek için; pencerenin yüksekliği, eni, yönü, çift veya tek olması ve gölgelendirme olup olmadığı belirlenir. Bir sonraki adımda; duvarın genişliği, yüksekliği, yönü ve gölgede olup olmadığı girilir. Diğer adımda tavan ve döşemeden kaynaklanan ısı kazancını bulmak için tavan ve döşemenin boyu ve genişliği yazılır. Diğer bir adımda insanların yaptıkları işin hafif veya ağır olduğu belirlenerek insanlardan kaynaklanan ısı

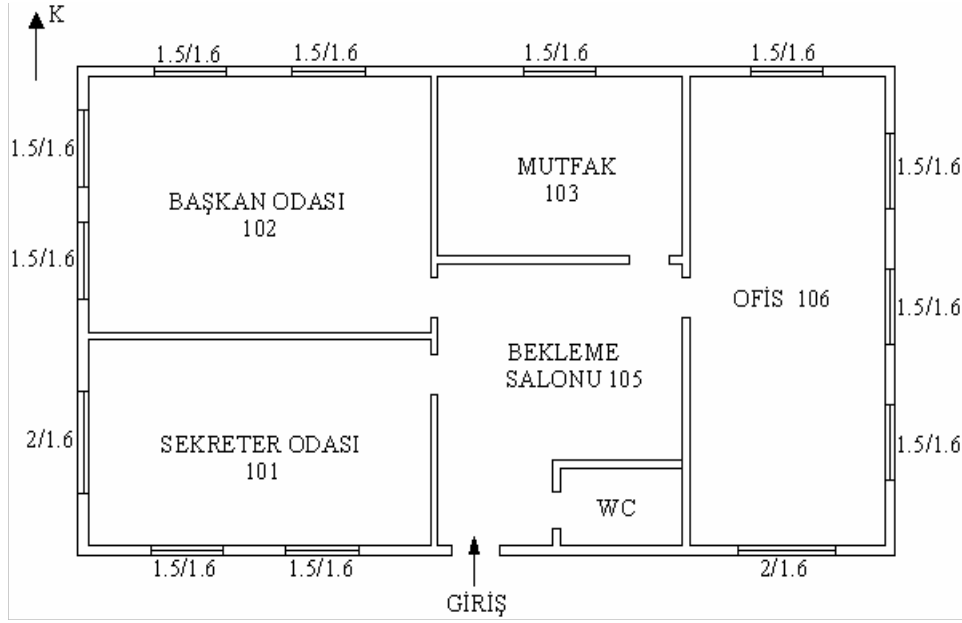
kazancı bulunmuş olur. Son adımda ise aydınlatma ve makinelerden kaynaklanan ısı kazancını bulmak için makine ve aydınlatma cihazlarının yükleri girilerek toplam soğutma yükü bulunur.

Window - Width		Height	Area:		
1.5					
Window position	East				
Type of glazing	Single				
Blinds <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes					
Sensible Cooling Load Watts: 0,00					
Latent Cooling Load Watts: 0,00					
Total Cooling Load Watts: 0,00					
Total Heating Load Watts: 0,00					
Exit	Reset	Print	Page 2 of 6	Previous	Next

Şekil 2. DW paket program sayfası

3- ÖRNEK UYGULAMA VE TARTIŞMA

Soğutma yükü hesap yöntemlerinden CLTD/SCL/CLF, TETD/TA, RTS, VDI 2078, piyasada kullanılan basit elle hesap yöntemi, SSETLoad ve DW soğutma yükü bilgisayar programlarının karşılaştırılması Şanlıurfa ilinde (37° 08' K enlem, 38° 46' D boylam) bulunan örnek bir bina için yapılmıştır. TS 825'e uygun olan binanın kat planı şekil 3'te gösterilmiştir. Daire ara katta olup ofis olarak mesai saatleri 08⁰⁰-17⁰⁰'dir. Ofiste toplam 13 kişi bulunmaktadır. Ofisin toplam kullanım alanı 135 m², toplam pencere yüzey alanı 33 m², dış duvar alanı 102 m²'dir. Yaz şartları için tasarım değerleri, Şanlıurfa için dış hava kuru ve yaş termometre sıcaklıkları 43°C/24 °C ve günlük sıcaklık farkı 15.2 °C olarak alınmıştır. İklimlendirilecek mahallerin kuru termometre sıcaklığı 26 °C ve bağıl nemi % 50' olarak kabul edilmiştir. Binanın tümünden havalı sistem ile iklimlendirileceği kabul edildiğinden ve odalar pozitif basınçta tutulacağından, hava sızıntı ısı kazancı hesaplanmamıştır.



Şekil 3. Soğutma yükü hesabı yapılan ofisin mimari projesi

Ele alınan soğutma yükü hesap yöntemlerinden hesaplanan soğutma yükleri Watt olarak Tablo 2'de verilmiştir. Toplam soğutma yükleri arasında maksimum %45 farklılık olduğu gözlenmektedir. Aradaki bu büyük farkın oluşmasına piyasada kullanılan basit yöntemin çok yetersiz kalması ve hacim hesabına göre soğutma yükünü hesaplaması neden olmaktadır. Diğer yöntemlerdeki farklılıklara, yöntemlerde kullanılan farklı katsayılar, seçilen yere uygun olmayan tablo değerleri, çeşitli yapı malzemeleri için yöntemlerde eksik tabloların olması ve bazı yöntemlerde ısı kazancı kaynaklarından bir kaçının dikkate alınmaması neden olmaktadır. İnsan ve aydınlatma soğutma yükleri diğer yöntemlerle uyumlu görülmeyle beraber iklimlendirme yapılacak mahalın hacminden kaynaklanan soğutma yükü oldukça yüksek bir fark meydana getirmektedir. Komşu mahalden kaynaklanan soğutma yükü piyasada kullanılan basit yöntem ve DW programında göz ardı edilmektedir.

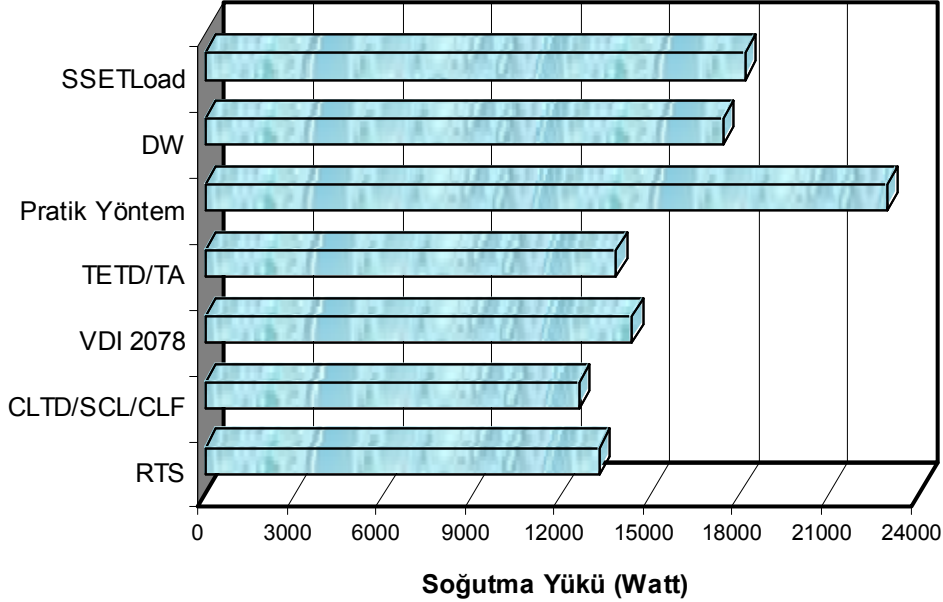
Yük bileşenlerinin toplam soğutma yükü içerisindeki oranlarına bakıldığında dış duvar ve pencereler gibi dış ısı kazançlarının büyük değerlere sahip olduğu gözlenebilir. Ele alınan bina için dış ısı kazançlarının toplam soğutma yüküne oranının %60-70 olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, doğru ve sağlıklı bir soğutma yükünün tespiti, büyük oranda belirsizlikleri daha fazla olan dış ısı kazançlarına bağlı olduğunu göstermektedir. Bunu ortadan kaldırmak için, özellikle güneş ışınlama değerleri ve dış ortam şartlarının binanın bulunduğu yer için mevcut olması gerekir. Bunun yanında, iç ısı kazançları ile ilgili tüm etkenleri ve bunların sayısal değerlerini içeren yöntemler üstünlüklerini ortaya koyarlar.

Yük bileşenlerine bakıldığında ASHRAE ve VDI tarafından önerilen yöntemlerdeki sonuçların birbiriyle paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Ama basit ve bilgisayar yöntemleri ise farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu durum, yük hesaplamalarında belli yöntemlerin kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 2. Ele alınan soğutma yükü hesap yöntemlerinden elde edilen sonuçlar

Yük Bileşeni	RTS	CLTD/SCL/CLF	VDI 2078	TETD/TA	Pratik Yöntem	DW	SSETLoad
Dış Duvar	2250	3609	3673	3540	-	4345	4805
Pencere	6468	4251	6333	4297	-	7113	7276
Komşu Mahal	107	168	164	152	-	-	233
İnsan	1291	1593	1521	1690	1583	1820	1708
Aydınlatma	800	941	847	1344	1345	1345	1345
Cihaz	2311	2017	1816	2804	-	2805	2805
Hacim	-	-	-	-	19998	-	-
Toplam	13227	12579	14354	13827	22926	17428	18172

Şekil 4'te değişik yöntemlerle elde edilen toplam soğutma yükleri gösterilmiştir. En fazla soğutma yükü, piyasadaki basit pratik yöntemle göre, en düşük soğutma yükünün ise CLTD/SCL/CLF Yöntemine göre çıktığı görülmektedir.



Şekil 4. Toplam soğutma yüklerinin karşılaştırılması

3. SONUÇ

Bu çalışmada, iklimlendirme sistemi kapasitesinin belirlenmesini doğrudan etkileyen soğutma yükü hesap yöntemleri incelenmiştir. ASHRAE tarafından önerilen yöntemler: CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı), TETD/TA (Eşdeğer Sıcaklık Farkı) ve RTS (Işınım Zaman Serileri), VDI tarafından önerilen VDI 2078'de belirtilen yöntem ve piyasada kullanılan basit ve bilgisayar programlarıyla yapılan hesaplama yöntemleri örnek bir binaya uygulanarak, detaylı bir soğutma yükü analizi gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genel itibari ile sonuçlar arasında bir paralellik mevcuttur. Ancak, değişik yöntemlerle bulunan soğutma yükleri arasında önemli farklar gözlemlenmiştir. Aradaki bu farklılıklara, yöntemlerde kullanılan farklı katsayılar, binanın bulunduğu yer için uygun olmayan tablolar, binadaki bazı yapı malzemeleri ve elemanları için yöntemlerde verilen tablolarda uygun değerlerin olmaması neden olmaktadır.

Doğrudan sistem kapasitesini etkileyen soğutma yükünün, çeşitli yöntemlere göre farklılıklar göstermesi özellikle piyasada arzu edilmeyen olumsuz sonuçları doğuracağı açıktır. Soğutma sisteminin büyük kapasiteli seçilmesi durumunda ilk yatırım, işletim ve bakım giderleri artacaktır. Soğutma sisteminin küçük seçilmesi durumunda ise arzulanan konfor değerlerinin sağlanmadığı görülecektir.

Sonuç olarak, konut ve küçük ticari yapılar için kullanılan pratik soğutma yük hesaplamalarının uygun olmadığı görülmüştür. Soğutma yük hesaplamasında tüm ısı kazancı faktörlerinin ve özel şartların göz önüne alınması gerekir. Soğutma yük hesabı için Türkiye'de standart bir yöntem oluşturulmalıdır. Bu amaçla, değişik ülkelerde önerilen soğutma yük hesaplamalarında kullanılan tablo değerlerinin Türkiye şartları için hazırlanmasının, enerji ekonomisi ve iklimlendirme sistemi ve uygulaması açısından daha uygun olacağı düşünülmektedir. Türkiye'de tesisat sektörünün önemli meslek örgütü olan TTMD'nin öncülüğünde, bu çalışmalar biran önce başlatılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] YILMAZ, T., BULUT, H., ÖZGÖREN, M., Isı Kazancı Olarak Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, Ç. Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 11/2, 133-146, 1996.
- [2] MCQUISTON, F.C., SPITLER, J. D., "Cooling and Heating Load Calculation Manual", Second Edition, ASHRAE Inc., USA, 1992.
- [3] URALCAN, İ. Y. "Klima Tesisatı", TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO, Yayın No: 296-2, Ankara, 2002.
- [4] ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), <http://www.ashrae.org/>
- [5] VDI (The Association of German Engineers), <http://www.vdi.de/vdi/english/index.php>
- [6] CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers), <http://www.cibse.org>
- [7] <http://www.dvmsystem.com/>
- [8] <http://www.dean-wood.com/>
- [9] AKTACİR, M.A., BÜYÜKALACA, O., YILMAZ, T., Soğutma Yüğü Hesabında Kullanılan Yöntemler, ULIBTK'03 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniğı Kongresi, 64-69, 2003.
- [10] ASHRAE Fundamentals Handbook 1993. Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures, Chapter 26, 1993.
- [11] TAMER, Ş., "Klima ve Havalandırma", Meteksan A.Ş., Ankara, 1990.
- [12] ÖNEN, E., "Havalandırma ve Klima Tesisatı", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Teknik El Kitapları 9, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1985.
- [13] ASHRAE Fundamentals Handbook 2001. Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures, Chapters 28-29, 2001.
- [14] SPITLER, J.D., Load Calculations Heat Balance Method-Theory-Application, Chicago Chapter, ASHRAE, September 19, 2002.
- [15] SPITLER, J.D., FISHER, D.E., PEDERSEN, C.O., The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure, ASHRAE Transactions, Vol. 103(2), pp.503-515, 1997.
- [16] VDI 2078, Cooling Load Calculations of Air-conditioned Rooms, VDI Cooling Load Regulations, July 1996.
- [17] DOĞAN, H., "Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniğı", Seçkin Yayınevi, Ankara, 2002.
- [18] İSA, K. "Bireysel Klima Sistemleri", ISKAV, Teknik Kitaplar Dizisi No:2, İstanbul, 2004.
- [19] Termo Klima Dergisi, Klima Tüketici El Kitabı 1, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doç. Dr. Hüsamettin BULUT

1971 yılında Halilan-Mardin'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Batman'da tamamladı. 1993 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalında 1996 yılında Yüksek Lisansını, 2001 yılında Doktorasını tamamladı. 1993-1998 yılları arasında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde, 1998-2001 yılları arasında ise Çukurova Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2003 yılında Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümüne Yrd. Doç. olarak atandı. 2005 yılında Makina Mühendisliğinde Enerji Bilim Dalında Doçent oldu. Halen Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanlığı ve Makina Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcılığı görevlerini sürdürmektedir. Çalışma alanları ısıtma ve soğutma sistemleri için iklim verileri ve enerji analizi, ısıtma-soğutma ve güneş enerjisi sistemleri uygulamalarıdır. Evli ve 4 çocuk babası olan Hüsamettin BULUT, TTMD ve MMO üyesidir.

Arş. Gör. A. Fatih DURMAZ

1981 yılında Keskin-Kırıkkale'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kırıkkale'de tamamladı. 2004 yılında Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. Çalışma alanları ısıtma ve soğutma sistemleri ve güneş enerjisi sistemleri uygulamalarıdır.

Arş. Gör. Dr. M. Azmi AKTACİR

1973 tarihinde Şanlıurfa'da doğdu. 1993 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünün de Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1995'te Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamlayarak, Makina Yüksek Mühendisi unvanını aldı. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora öğrenimi tamamladı. 2000-2005 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Halen Harran üniversitesindeki görevine devam etmektedir. İklimlendirme sistemi uygulamaları, kurutma uygulamaları ve yapıların enerji analizi başlıca çalışma alanlarıdır. Evli ve bir çocuk babası olan M. Azmi AKTACİR, TTMD ve MMO üyesidir.