SOĞUTMA YÜKÜ HESABININDA KULLANILAN YÖNTEMLER

M. Azmi AKTACİR, Orhan BÜYÜKALACA ve Tuncay YILMAZ
Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 01330 Adana
maktacir@cukurova.edu.tr orhanl@cukurova.edu.tr tunyil@cukurova.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, bir iklimlendirme sisteminde cihaz seçimini doğrudan etkileyen soğutma yükü hesap yöntemleri incelenmiştir. ASHRAE tarafından önerilen en son soğutma yükü hesap yöntemlerinden birisi olan RTS ile daha eski ve basit bir yöntem olarak bilinen CLTD/SCL/CLF yöntemi kullanılarak Adana'da yer alan 1628 m^2 kullanım alanına sahip bir okulun soğutma yükü hesaplanmıştır. RTS yöntemiyle bulunan toplam soğutma yükü CLTD/SCL/CLF yöntemiyle bulunan değerden, 12^{00}-15^{00} saatleri arasında yaklaşık %10 daha fazla iken diğer saatlerde, özellikle 8^{00}-16^{00} saatleri dışında kalan zamanda, %10 daha düşük bulunmuştur.

ABSTRACT

In this study, cooling load calculation methods, which directly affect the selection of the air conditioning system, were investigated. Cooling load of a school, which is located in Adana and has 1628 m^2 floor area, was calculated using the latest load calculation method suggested by ASHRAE, namely RTS method and CLTD/SCL/CLF method which has been available for some time and known as a simple method. It was found that the total cooling load calculated using RTS is 10% higher for 12^{00}-15^{00} h, and 10% lower for the remaining period than that was obtained with CLTD/SCL/CLF method.

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanılan ortamların iç hava kalitesinin ve şartlarının belirli bir seviyede olması zorunluluk haline gelmiştir. Bu sebeple, iklimlendirme sistemlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve bunun sonucu olarak da uygun sistemin belirlenmesi büyük önem kazanmaktadır. İklimlendirme sisteminde cihazların uygun kapasitede ve özellikte seçilmemesi yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini arttırmaktadır. Ayrıca istenilen iç hava şartları sağlanamadığından çalışma performansında da düşüşler yaşanmaktadır. Enerji tüketiminin yaklaşık %60'ını ithal eden bir ülke için, uygun sistem seçimi enerji kaynaklarının verimli olarak kullanılmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada bir iklimlendirme sisteminde cihaz seçimini doğrudan etkileyen soğutma yükü hesap yöntemleri incelenmiştir. ASHRAE tarafından önerilen en son soğutma yükü hesap yöntemlerinden birisi olan Işınım Zaman Serisi (Radiant Time Series, RTS) ile daha eski ve basit bir yöntem olarak bilinen CLTD/SCL/CLF (Cooling Load Temperature Differences/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor) yöntemi örnek bir bina üzerinde uygulanarak, yöntemler arasındaki benzerlik ve farklılıklar ortaya konulmuştur.

2. SOĞUTMA YÜKÜ

Soğutma yükünü meydana getiren pek çok bileşenin değeri, gün boyunca önemli oranda değişmeler göstermektedir. Soğutma yükü hesaplarına doğrudan etki eden değişkenlerin sayısının çok fazla olması ve bu parametrelerin çoğunlukla kesin olarak tanımlanamaması, soğutma yükü hesaplarını karmaşık bir hale getirmektedir. Bu karmaşık yapının çözülmesi için binalarda ısı transferi mekanizmasının iyi bilinmesi gerekir. Bir ortamın ısı kazançları iletim, taşınım ve ışıma yolu ile olur. Ortamın, taşınım yoluyla ısı kazançları anlık olarak, yani hemen soğutma yüküne dönüşürken ışınım ile ısı kazancı hemen soğutma yüküne dönüşmez. Işınım enerjisi önce ortamı çevreleyen yüzeyler ile ortamda bulunan cisimler tarafından yutulur. Bu yüzey ve cisimlerin ısı depolama kapasitelerine göre, yüzey sıcaklıkları ortam sıcaklığından büyük olduğu andan itibaren ortama ısı enerjisi yaymaya başlar ve soğutma yükünü etkiler. Soğutma yükü hesabında önemli olan yüzey ve cisimler üzerinde depo edilen ısı enerjisinin tespit edilmesidir. Bu tespit, soğutma yükü hesabında gerçekçi değerlere varmak açısından önemlidir. Soğutma yükünün belirlenmesi için ASHRAE tarafından 1967 yılından beri gelen süreçte çeşitli yöntemler sunulmuştur [1, 2, 3]. Bu yöntemler ısı dengesi prensibine uygun olarak geliştirilmiş ve halen yöntemler üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Yöntemler arasında temelde çok büyük farklılık olmamakla birlikte ısı kazançlarından soğutma yüküne geçişte farklı yaklaşımlar ve kabuller yapılmıştır. Sonuçta hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, hesap sonuçları gerçek soğutma yükünün iyi bir tahmininden öteye gitmemektedir.

3. 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. Tüm yöntemlerdeki temel yaklaşım, ısı dengesi prensibine göredir. Soğutma

yükü hesap metodolojisi, Belenger'in tanımlamasıyla 1967 yılında TETD/TA yöntemiyle başlayan ve en son RTS yöntemiyle devam eden ve sürekli bir değişim içinde olan bir prosestir [1].

1967 yılında ASHRAE tarafından yayınlanan ilk yöntem, toplam eşdeğer sıcaklık farkı (TETD/TA) yöntemidir. TETD/TA yöntemi, ülkemizde en fazla bilinen ve uygulanan yöntemdir. Bu yöntem tecrübeli kullanıcılara geniş bir aralıkta geçerli olan sonuçlar verebilmektedir [2, 3]. Bu yöntemde bir dizi duvar ve çatı için güneş-hava sıcaklığı ve ortam sıcaklığının fonksiyonu olarak TETD değerleri türetilmiştir . Bu veriler, tek-boyutlu zamana bağlı birden çok katmanlı levhada iletimle ısı geçiş denkleminin Fourier serisi çözümüne dayanmaktadır. TETD değerleri ile anlık ısı kazancı bulunur. Bu kazanç zamana göre ortalama (Time Averaging, TA) tekniği ile anlık soğutma yükü değerlerine dönüştürülür. Bu yöntemde, hesap edilen zaman adımındaki ısı kazançlarının ışınım değerleri, bir önceki zaman adımındaki tahmini değerler ile ortalaması alınarak hesaplanır. TETD/TA yöntemi, ortamın ısıl depolama etkisini belirli oranda hesaplara dahil eder, ancak karmaşıklığından dolayı en iyi sonuçlar bilgisayar çözümlemesi ile alınır [2].

Isı dengesi kavramının en iyi uyarlaması olarak bilinen geçiş fonksiyonu (TFM) yöntemi, 1972 yılında ASHRAE tarafından sunulmuştur. Çok fazla işlem adımına sahip olan bu yöntem, özellikle enerji analizinde kullanılan ortalama soğutma yükü hesabı için uygundur [2, 3]. Yöntemdeki karmaşıklık bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır. TFM'nin basitleştirilmiş bir şekli olarak CLTD/CLF yöntemi, ASHRAE tarafından 1977 yılında sunulmuştur. CLTD/CLF verileri; TFM yöntemi ile elde edilen verilerden türetilmiştir. McQuiston ve Spitler [3] tarafından özellikle camlardan olan güneş ısı kazancının doğru hesaplaması için SCL katsayısı geliştirilmiştir. Bu katsayılar, zaman farkının opak dış yüzeylerden iletimle ısı kazancına etkisini, aynı şekilde ışınımla olan ısı kazancının soğutma yüküne dönüşmesinde ısıl depolama kabiliyetinin etkisini kapsamaktadır. Bu basitleştirmeler, soğutma yükünün elle hesaplanmasını mümkün kılar. Eğer hesaplanacak yapı için uygun CLTD/SCL/CLF tablo değerleri mevcut ise, bulunan sonuçlar TFM yöntemi ile uyum sağlamaktadır. Ancak, CLTD/SCL/CLF yönteminde, tablolar kullanılırken doğru yapı elemanının belirlenmesi çok önemlidir. Bunun için birbirinin devamı olarak ard arda kullanılan tablolar, çeşitli kriterlere göre kullanılmaktadır. Örneğin duvarlarda, duvarı oluşturan malzemelerin hangisinin temel duvar malzemesi ve hangisinin ikinci duvar malzemesi olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu da tablolarda kullanım zorluğu ortaya çıkarmaktadır. CLTD/SCL/CLF'de kullanılan veriler TFM'den belirli kabul ve hata sınırlarında elde edilmişlerdir. Bu yöntemde kullanılan SCL/CLF verileri tek katlı binaların bazı seçim kriterlerinde hata payı %+19 ile-1 aralığında olmakla birlikte aydınlatma, insanlar ve cihazlar için hata payı yaklaşık %10'dur. Ayrıca bu yöntemde, CLTD katsayıları koyu renk yüzeyler için verilmiş olup, açık renkli yapılarda nasıl bir ayarlama yapılacağı önerilmemiştir. Yapılan hesaplamalarda bunlar göz ardı edilmemelidir.

Son olarak, ASHRAE Fundamentals Hanbook 2001 yayınında [5] soğutma yük hesabı için iki yöntem sunulmaktadır. Bunlar ısı dengesi (Heat Balance-HB) ve ışınım zaman serisi (Radiant time series-RTS) yöntemleridir [4, 5, 6, 7]. 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 yöntemde ısı kazançları hesap edildikten sonra, taşınım ve ışınım ısı kazançlarına bölünürler. Işınım kısmı belli bir gecikmeyle ortama iletileceğinden, RTS'e göre hesaplanarak ışıma soğutma yükü belirlenir. Sonuçta taşınım ısı kazancıyla 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 ısıl depolamalar zamanın fonksiyonu (24 saat) olarak hesaplanmaktadır. Ancak bir bilgisayar programı hazırlanırsa, işlem adımlarının çok olması dezavantaj olmaktan kurtulmaktadır. RTS yönteminde tabloların kullanılması CLTD/SCL/CLF yöntemine göre daha az ve kolaydır. RTS ile önce ısı kazançları ve daha sonra soğutma yükü bulunurken, CLTD/SCL/CLF yönteminde doğrudan soğutma yükü hesaplamaktadır. RTS yönteminde yapı elemanlarının ısıl 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 [4, 6]. RTS yöntemi HB'dan türetilmişken, CLTD/SCL/CLF yöntemi HB yönteminden türetilen TFM'den türetilmiştir [6].

Tablo1'de CLTD/SCL/CLF ve RTS yöntemlerinde kullanılan eşitler verilmiştir. Soğutma yükü hesabında kullanılan tüm yöntemlerin ısı transfer şekilleri ve ısı kazançlarının soğutma yüküne dönüşümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

4. ÖRNEK UYGULAMA

Yukarıda kısaca açıklanan soğutma yükü hesap yöntemlerinden basit ve elle hesaplamalara uygun olan RTS ve CLTD/SCL/CLF yöntemlerinin karşılaştırılması için örnek bir binaya uygulanmıştır. Bunun için Adana ilinde bulunan 3 katlı bir okulun soğutma yükü hesabı yapılmıştır. Bu yapının seçilmesindeki temel parametre, iç ısı kazançlarının büyük ve zamana göre değişiklik göstermesidir. Seçilen okulun; 224 öğrencisi, 15 öğretmeni, 4 yöneticisi, 4 büro elemanı ve 3 kat görevlisi olduğu kabul edilmiştir. Mesai saatleri 8^{00}-17^{00}'dir. Bina TS 825'e göre yalıtılmış olup, yapı elemanları üzerinden toplam ısı transfer katsayıları Tablo 2'te verilmiştir. Okulun toplam kullanım alanı 1628 m^2'dir. Okulun toplam pencere yüzey alanı 299 m^2 olup, dış duvar alanı 668 m^2'dir. Okulun zemin kat mimari projesi Şekil 2'de gösterilmiştir.

Adana ilinin enlemi 36.59° boylamı 35.18°'dir. Yaz şartları için tasarım değerleri, dış hava kuru termometre sıcaklığı 38 °C, yaş termometre sıcaklığı 26 °C ve günlük sıcaklık farkı 12.4 °C'dir. İklimlendirilecek mahallerin kuru termometre sıcaklığı 26 °C ve bağıl nemi % 50'dir. Tablo 3'te seçilen okulun tüm kullanım alanlarındaki iç ısı kazançlarıyla ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Binanın tam havalı olarak iklimlendirileceği kabul edildiğinden ve odalar pozitif basınçta tutulacağından odalarda sızıntı ısı kazancı hesaplanmamıştır. Seçilen binanın soğutma yükü, RTS ve CLTD/SCL/CLF yöntemlerine göre saatlik olarak hesaplanmıştır. Hesapların bilgisayar ortamında yapılabilmesi için, her iki yöntemin hesap prosedürlerine uygun olarak MS-Excel çalışma sayfaları hazırlanmıştır. Hesaplar öncelikle okulu oluşturan her mahal için ayrı ayrı yapılmıştır. Daha sonra mahallerin soğutma yükleri toplanarak, binanın toplam soğutma yükü elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada soğutma yükü hesabı için kullanılan RTS ve CLTD/SCL/CLF yöntemleriyle elde edilen sonuçlar arasında genel olarak bir uyum söz konusudur. Şekil 3' de her iki yöntemle elde edilen çeşitli soğutma yükleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 3a'dan görülebileceği gibi, toplam soğutma yükü, 12^{00}-15^{00} saatleri arasında maksimum olmaktadır. RTS yöntemiyle bulunan soğutma yükü CLTD/SCL/CLF yöntemiyle bulunan soğutma yükünden, 12^{00}-15^{00} saatleri arasında yaklaşık %10 daha fazla iken, diğer saatlerde özellikle 8^{00}-16^{00} saatleri dışında kalan periyotta %10 daha düşük bulunmuştur. Toplam soğutma yükündeki farklılık büyük ölçüde binanın pencere ve cihazlardan olan ısı kazancındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır (Şekil 3b ve 3d). İnsanlardan oluşan gizli ısı kazancı doğrudan soğutma yükü olarak alındığından, her iki yöntemde de aynı sonuç elde edilmiştir. Bunun dışında kalan diğer ısı kazançları, her iki yöntemde de birbirine yakındır (Şekil 3c, 3f, ve 3e). CLTD/SCL/CLF yöntemi ile saat 13^{00} için elde edilen toplam soğutma yükünün %44'ü pencerelerden, %9'u dış yüzeylerden, geri kalan kısmı ise iç ısı kazançlarından elde edilmiştir. RTS yöntemi ile de, toplam soğutma yükünün %47'si pencerelerden, %7'si dış yüzeylerden, geri kalan kısmı ise iç ısı kazançlarından kaynaklanmaktadır. Tablo 4'te her iki yönteme göre, saat 13^{00} için soğutma yükünü oluşturan çeşitli yüklerin, toplam soğutma yüküne oranı verilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak 1967'den bugüne kadar geçen süreçte ihtiyaç olarak ortaya çıkan, kolay uygulanabilirlik ve güvenirlilik isteklerine cevap olarak geliştirilen RTS yöntemi, CLTD/SCL/CLF ve diğer basit yöntemlerin (TETD/TA, TFM) tümünün geçerliliklerini ortadan kaldırmıyorsa da, kolayca bilgisayarlara uygulanabilmesi ve daha güvenilir sonuç vermesi sebebiyle özellikle uygulayıcılara zaman açısından büyük kolaylıklar sağlayacak ve diğer basit yöntemlerin yerini alacaktır. Ayrıca RTS yöntemi, HB'nin prosedüründen türetildiği için en iyi sonucun HB yönteminden elde edileceği unutulmamalıdır.

7. SEMBOLLER

A	:	Çatı duvar veya cam yüzey alanları, m^2
CLF	:	Soğutma yükü faktörü
CLTD	:	Çatı, duvar veya cam için soğutma yükü sıcaklık farkı
c_P	:	Özgül ısı kapasitesi, J/kg°C
E_d	:	Yayılı güneş ışınımı
E_D	:	Doğrudan güneş ışınımı
E_r	:	Yansıma güneş ışınımı
F_{arm}	:	Armatür faktörü
$F_{kayıp}$	:	Yakıt kayıp faktörü
F_{kul}	:	Kullanım faktörü
F_{rad}	:	Işınım faktörü
$F_{yük}$	:	Yük faktörü
IAC	:	İç gölgeleme katsayısı
M	:	Sızıntı veya havalandırma kütlesel debisi, Kg/s
N	:	İnsan sayısı
P	:	Motor gücü, W
q	:	İç ısı kazançları gizli veya duyulur olarak, W
Q	:	Isı kazancı, W
Q_{dir}	:	Yayılı ısı kazancı, W
SC	:	Gölgeleme katsayısı

SCL : Güneş soğutma yükü faktörü
SHGC : Doğrudan güneş ışınım katsayısı
$SHGC_D$: Yayılı güneş ışınım katsayısı
t : Sıcaklık, °C
U : Toplam ısı geçiş katsayısı, $W/(m^2K)$
ε_M : Motor verimi

8. KAYNAKLAR

[1] Hanks B.C., HVAC Load Calculations, Old and New. Air Conditioning, Heating, Refrigeration News, August 5, 2002.

[2] ASHRAE Fundamentals Handbook 1993. Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures, Chapter 26, 1993.

[3] McQuiston F.C. and Spitler J.D., Cooling and Heating Load Calculation Manual, Second Edition, 1992.

[4] Spitler J.D., Load Calculations Heat Balance Method-Theory-Application, Chicago Chapter, ASHRAE, September 19, 2002.

[5] ASHRAE Fundamentals Handbook 2001. Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures, Chapter 29, 2001.

[6] Splitler J.D., Fisher D.E. and Pedersen C.O., The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure, ASHRAE Transactions, Vol. 103(2), pp.503-515, 1997.

[7] Pedersen C.O., Fisher D.E. and Liesen R.J., A Heat Balance Based Cooling Load Calculation Procedure. ASHRAE Transactions, Vol. 103(2), pp. 459-468, 1997.

Tablo 1. Soğutma yükü yöntemlerinden CLTD/SCL/CLF ve RTS yöntemlerinin karşılaştırılması [3, 5].

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	$Q=A.SC.SCL$	$Q_{dir}=A.E_D.IAC.SHGC$ $Q_{dif}=A.(E_d+E_r).IAC.SHGC_D$
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	$Q=(P/\varepsilon_M).F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor ve cihaz odada)	$Q=(P/\varepsilon_M).F_{kul}.F_{yük}$
	$Q=P.F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor dışarıda cihaz içeride)	$Q=P.F_{kul}.F_{yük}$
	$Q=P.[(1-\varepsilon_M)/\varepsilon_M].F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor iç. cihaz dış.)	$Q=P.[(1-\varepsilon_M)/\varepsilon_M].F_{kul}.F_{yük}$
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	$Q_{duy}=(q_{cih}.F_{kul}.F_{rad}.CLF)/F_{kayıp}$.	$Q_{duy}=(q_{cih}.F_{kul}.F_{rad})/F_{kayıp}$
	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$

Tablo 2. Bina yapı elemanları üzerinden toplam ısı transfer katsayıları.

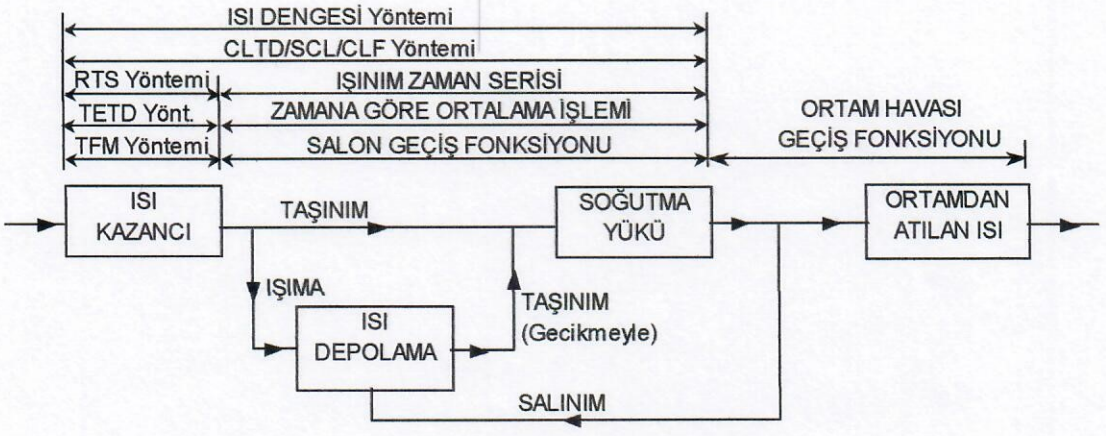
Yapı Elemanı	U (W/m^2K)	Açıklama
Dış duvar	0.61	İç sıva, Tuğla, Isı yalıtımı, Dış sıva
İç bölmeler	1.97	İç sıva, Tuğla, Dış sıva
Döşeme	2.22	Karo mozaik, Harç, Su izolasyonu, Donatılı betonu, Grobeton, Blokaj, Toprak
Tavan	0.42	Çakıl, Isı yalıtımı, Tesfiye betonu, Donatılı ağır beton, İç sıva
Pencere	2.40	Çift cam, Ahşap çerçeveli
Dış kapı	3.50	Çelik kapı
İç kapılar	2.00	Ahşap

Tablo 3. Soğutma yükü bulunan yapının iç ısı kazançları ile ilgili bilgileri.

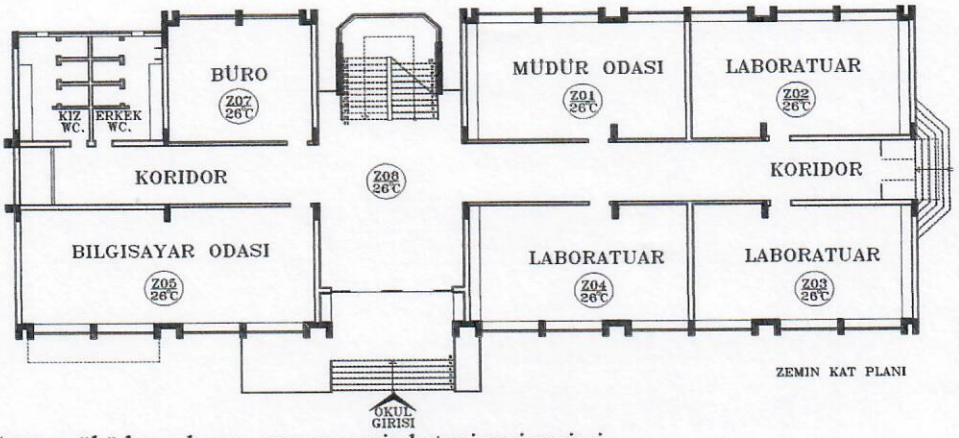
Zon Kodları	Zonlar	İnsan		Işıklandırma		Cihazlar	
		İnsan Sayısı	Kullanım Faktörü	ısı kazancı (W)	Kullanım Faktörü	ısı kazancı (W)	Kullanım Faktörü
Z01	Müdür odası	1	0.90	480	0.50	2000	1
Z02	Laboratuar	16	0.20	480	0.30	1366	1
Z03	Laboratuar	16	0.20	480	0.30	2000	1
Z04	Laboratuar	16	0.20	480	0.30	2000	1
Z05	Bilgisayar Odası	16	0.50	640	0.30	6040	1
Z06	WC	-	-	-	-	-	-
Z07	Büro	2	0.90	320	0.50	1766	1
Z08	Koridor	60	0.15	1120	0.50	-	1
101	Resim Sınıfı	16	0.30	480	0.30	-	1
102	Kütüphane	20	0.30	480	0.50	1366	1
103	Derslik	16	0.80	480	0.30	500	1
104	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
105	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
106	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
107	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
108	Öğretmen Odası	15	0.50	480	0.30	1000	1
109	WC	-	-	-	-	-	-
110	Büro	2	0.90	320	0.50	1766	1
111	Koridor	110	0.15	1120	0.50	-	1
201	Derslik	24	0.80	480	0.30	500	1
202	Derslik	24	0.80	480	0.30	500	1
203	Derslik	16	0.80	480	0.30	500	1
204	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
205	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
206	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
207	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
208	Derslik	16	0.80	320	0.30	500	1
209	WC	-	-	-	-	-	-
210	Büro	2	0.90	320	0.50	1766	1
211	Koridor	140	0.15	1120	0.50	-	1

Tablo 4. Bina soğutma yükünü oluşturan çeşitli yüklerin, binanın maksimum toplam soğutma yüküne oranı.

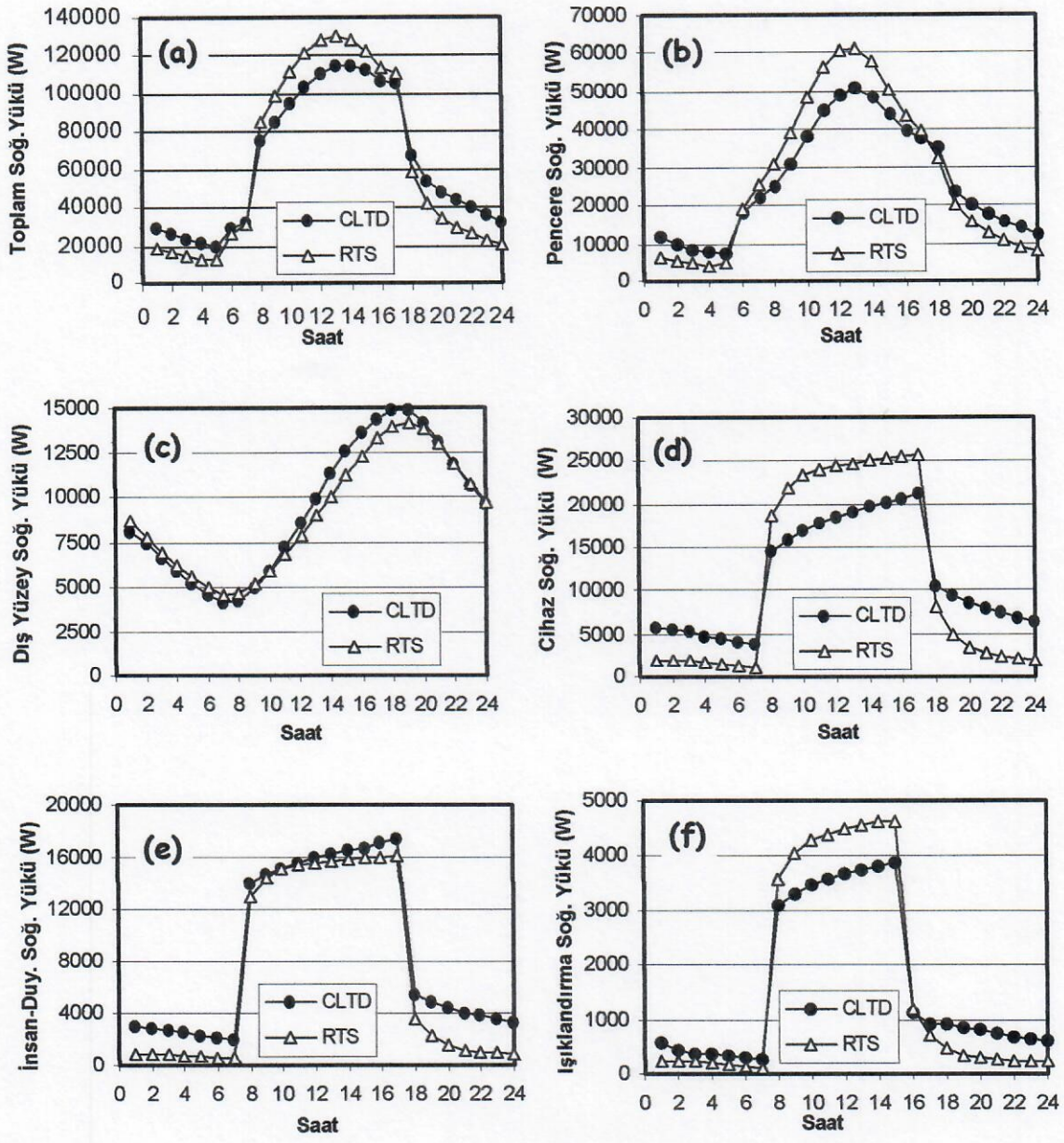
YÖNTEM	Pencere %	Dış yüzeyler %	Işıklandırma %	İnsan %	Cihazlar %
CLTD/CLF/SCL	44	9	3	27	17
RTS	47	7	4	23	19



Şekil 1. Soğutma yükü yöntemlerine göre ısı geçişleri [2, 5].



Şekil 2. Soğutma yükü hesaplanan yapının zemin kat mimari projesi.



Şekil 3. Okulun çeşitli soğutma yükleri. **a)** Toplam soğutma yükü, **b)** Pencerelerden olan soğutma yükü, **c)** Dış yüzeylerden olan soğutma yükü, **d)** Cihaz soğutma yükü, **e)** İnsan-duyulur soğutma yükü, **f)** Işıklandırma soğutma yükü.

G1



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
VE
TÜRK ISI BİLİMİ VE TEKNİĞİ
DERNEĞİ



ULIBTK'03

14. ULUSAL ISI BİLİMİ VE TEKNİĞİ KONGRESİ

BİLDİRİ KİTABI

EDİTÖRLER
İbrahim ÜÇGÜL
Bekir Zühtü UYSAL

3-4-5 EYLÜL 2003
ISPARTA