

## Dış hesap sıcaklıkları ve ülke ekonomisine etkileri

**Kemal Gani BAYRAKTAR<sup>\*</sup>, Alpin Kemal DAĞSÖZ, Abdurrahman KILIÇ**

*İTÜ Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34437, Gümüşsuyu, İstanbul*

### Özet

*Hızla büyüyen şehirlere ve değişen çevreye, artan sera etkisiyle önem kazanan küresel ısınmaya paralel, ülkemizdeki dış hesap sıcaklıklarının değişiminin araştırıldığı bu çalışmada; yeni dış hesap sıcaklıklarıyla birlikte, etkilerinin ve tasarruf potansiyellerinin belirlenmesi de amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında yüksekliğin iklim verileri üzerindeki etkisi de incelenmiş, 1966 yılında Amerikan yöntemiyle hesaplanmış sıcaklıklar, benzer yeni Amerikan yöntemiyle hesaplanarak farklılıklar belirlenmiştir. Dış hesap sıcaklığı hesaplama yöntemlerinin örneklerle verildiği çalışmada; yaygın olarak kullanılan Amerikan, Alman ve ülke şartlarına göre önerilen yeni dış hesap sıcaklığı hesap yöntemleri ve sonuçları birbirleriyle kıyaslanmıştır. Olduğundan daha düşük dış hesap sıcaklıklarının projelendirmede kullanılmasındaki dezavantajlar ve yeni hesaplanan sıcaklıkların uygulamaya geçirilmesiyle sağlanacak kazançlar detaylıca anlatılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Küresel ısınma, ısı adası etkileri, dış hesap sıcaklığı, tasarruf potansiyelleri.*

### Design temperatures and their effect on the economy of country

#### Abstract

*Parallel to the growth of cities and changing environment, increasing importance of global warming with the greenhouse effect, the change in outdoor design temperatures are evaluated in this study. The determination of its effects and the conservation potentials are also aimed with the calculation of new outdoor design temperatures. In the scope of this study, the effect of height of the location on the climatic data like temperature is also investigated. The calculated outdoor design temperatures in 1966 are compared with the temperatures which are calculated by the similar new American method. Several methods for calculating outdoor design temperatures are also given. The most widely used American and German methods and their results are compared with the new recommended outdoor design temperature calculation method. The disadvantages of using low outdoor design temperatures and the possible gains by using new higher outdoor design temperatures are also explained briefly. As the outdoor design temperatures have a high impact on the size of heating equipment, its correct evaluation provides low first installation costs and its closeness to the real working range also increases the efficiency. It is shown that only 10 % of current outdoor design temperatures in 210 locations were observed more than once a year in the last 20 years and the recommended new outdoor design temperatures provide great potential savings with the difference of  $-3$  to  $+14^{\circ}\text{C}$  comparing to the current ones.*

**Keywords:** *Global warming, heat island effect, design temperatures, conservation potentials.*

---

Yazışmaların yapılacağı yazar: Kemal Gani BAYRAKTAR. bayraktar@izocam.com.tr; Tel: (262) 754 63 90.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Makina Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Türkiye için dış hesap sıcaklıkları ve derece gün sayılarının değerlendirilmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 29.11.2003 tarihinde dergiye ulaşmış, 23.06.2003 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.09.2003 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Giriş

Gelişmekte olan ülkemizde değişen yaşam tarzı ve artan nüfus beraberinde tüketimi; eğer bu tüketim kontrolsüz ve bilinçsiz ise israfı da getirmektedir. Artan nüfusa paralel olarak barınma ihtiyacına çözüm arayışları hızlanırken, sosyo-ekonomik nedenlerle köyden şehirlere doğru artan göç; şehir nüfusu oranını 1927 yılı nüfus sayımı sonuçlarıyla tesbit edilen % 24'ten günümüzde % 65'e çıkartmış ve özellikle şehirlerimizde hızlı yapılaşmaya neden olmuştur. Standartların, yönetmeliklerin ve her süreçte kontrolün eksikliği; çarpık gelişen şehirlerimizde, verimli tüketimden çok bilinçsiz enerji israfına neden olan binaların kullanımına ve hala aynı mantıkta devam edilen inşasına olanak tanımaktadır. Enerjisinin yaklaşık % 85'ini ısıtma amaçlı tükettiği tahmin edilen bu binalarımız, 1999 yılındaki ülke toplam enerji tüketimi içindeki % 32'lik payı ile 18.5 milyon TEP enerji tüketmiştir.

Hızlanan yapılaşma ve gelişen şehirler, tüketilen enerji ve artan emisyonla birlikte mikro ölçekte çevre ve şehir atmosferi üzerinde etkili olup sıcaklıkları değiştirirken; makro ölçekte sera etkisiyle hızlanan küresel ısınma ve neden olduğu iklim değişiklikleri de sıcaklıkları etkilemektedir. İklim değişikliğinin neden olduğu dış ortam sıcaklıklarının yükselmesi ise, projelendirilen ısıtma tesisatı boyutları ile ısıtma amaçlı enerji tüketimi verimliliğini doğrudan etkileyen ve halen kullanmakta olduğumuz dış hesap sıcaklıklarının doğruluğunu düşündürmektedir.

## Dış hesap sıcaklıklarının önemi

Esas yapılaşma gayesi hava şartlarına karşı koruma sağlamak olan ideal bir bina, hava şartlarındaki değişimlerin etkisini en aza indirecek ve iç şartları daima konfor bölgesinde tutacak şekilde yapılmalıdır. Bu durum, en düşük ilk maliyet ve mümkün olan en düşük işletme masraflarıyla gerçekleştirilmelidir. Bir ısıtma sisteminin en kötü hava şartlarında dahi ihtiyaca cevap vermesi istenirken; sistem büyüklüğünü en kötü yerel iklim koşullarında gerçekleşen ısıtma yüküne eşit tasarlayarak, en yüksek kapasiteye sahip bir sistemin seçimi genellikle ekonomik olmamaktadır. Örneğin iç ortam sıcaklığını

yüksek veya dış ortam sıcaklığını düşük tutarak ihtiyaca cevap verecek bir ısıtma sisteminin kurulması hem gereksiz hem de maliyet yükselticidir (Gülferi, 1979; Gültekin ve Kadioğlu, 1996; Ashrae, 1997).

Dış hesap sıcaklıkları, en kötü hava şartlarını da kapsayacak derecede düşük olmalı, fakat çok kısa bir müddetle rastlanan düşük sıcaklıklardan da seçilmemelidir. Çünkü meteoroloji kayıtları en şiddetli iklim koşullarının her yıl tekrarlanmadığını göstermektedir. Eğer ısıtma sistemleri en şiddetli iklim koşulları için tasarlanırsa, sistemin çalışma süresinin büyük bir bölümünde kapasite fazlalığı olacağı şüphesizdir. Isıtma sisteminin en şiddetli iklim koşullarında kısa sürelerle istenilen iç sıcaklığı sağlayamaması, çoğu kez kritik önem taşımamakta, fakat ticari uygulamalarda veya endüstriyel bir üretim sırasında iç ortam sıcaklığının denetimi gerekli olabilmektedir. Bu bakımdan her yapı için özel gereksinimler dikkatle değerlendirilmelidir (Gülferi, 1966; Ashrae, 1997).

Günümüzde sıcaklık verileri pek çok yerde, farklı şekillerde ve değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bunların başında da ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımlar gelmektedir. Bir iç ortamda konforun sağlanması, binanın içinde ve dışında hüküm süren atmosferik şartların iyi bir şekilde yorumlanmasına bağlıdır. Konutların ve endüstri alanlarının soğuk havalarda ısıtılması ve sıcak havalarda soğutulması için ihtiyaç duyulan enerji, yakıt miktarı ve projelendirilen tesisat büyüklüğü, hava sıcaklığı ile orantılıdır (Gültekin, 1995; Gültekin ve Kadioğlu, 1996).

Isıtma sistemlerinin projelendirilmesi de iklim verilerine dayanmaktadır. Herhangi bir ısıtma sistemi boyutlandırmak ve cihaz seçimlerini yapabilmek için öncelikle ısı yükünü belirlemek gerekmektedir. Burada söz konusu olan ısı yükü; pik yük adını verdiğimiz, sistemin karşılaşılabileceği en büyük yük olup, ısıtmada tamamen söz konusu yerdeki iklim şartlarına bağlıdır. İdeal ısıtma sistemi ısı kaybına denk gelecek yeterli ısıyı sağlamalıdır. Bu nedenle "Hesap Değerleri" gerçekte karşılaşılan "İklim Şartlarına" uymalıdır. Geçmişteki uzun yıllara ait iklim verilerinin incelenmesi ile istatistiksel olarak tasarım veya hesap iklim

değerleri saptanırken; ısıtma sisteminin projelendirilmesine dayandırılacak dış sıcaklığın seçiminde, binanın bulunacağı yerde gerçekleşen kış sıcaklıklarının çalışılması gereklidir (Gülferi, 1979; Demirbilek ve Yener, 1996; Arısoy, 1998). Örneğin ısıtma yükü hesabı yapılıyorsa, geçmişte söz konusu yörede kaydedilen en düşük sıcaklık değerini esas almak, çok büyük bir ısı kaybı değerinin gözönüne alınması anlamına gelmektedir. Sistem bu ısı yüküne göre boyutlandırıldığında; bütün ömrü boyunca muhtemelen bu en düşük sıcaklık değeri ile bir daha karşılaşmayarak hiç yetersiz kalmayacak, buna karşılık kullanılmayan çok büyük kapasite fazlalığına neden olacaktır. Tesis buna bağlı olarak tasarım kapasitesinde çalışmayarak veya kısa aralıklarda çalışarak, süreci verimsiz kılacaktır. Ömrünü düşük kapasitede çalışarak geçirecek olan böyle bir sistem; hem yatırım maliyeti olarak çok pahalı bir sistem yapımı anlamına gelecek, hem de işletme (yakıt veya enerji tüketimi) maliyetlerinin yüksek olmasına neden olacaktır. Çünkü genellikle ısı sistemleri, düşük kapasitelerde anma verimlerinin daha altında düşük verimle çalışmaktadır (Gülferi, 1979; Demirbilek ve Yener, 1996; El-Shaarawi ve Al-Masri, 1996).

Eğer ısıtma tesisleri sıkça gerçekleşen şartlar için projelendirilirse, tesisler projelendirme kapasitesinde daha sık çalışacaktır. Ekstrem dış şartlar olduğunda bu tür tesisler iç hesap sıcaklıklarını sağlayamayabileceklerdir, fakat bu tür gerçekleştirmelerin çok sık olmayacağına ve olabilecek konforsuz iç şartların süresinin kısa olacağına dikkat edilmelidir. Ekstrem durumu aşan bazı hallerde binanın ısı kaybının ısıtma sistemince karşılanamaması ve bu seyrek durumlarda iç sıcaklığın arzu edilen sıcaklığın biraz altına düşmesi kabullerine dayanarak projelendirmek çok daha makuldür. Kaynak araştırmasında, bu sıcaklığın yaklaşık tanımının birçok araştırmacı tarafından yapıldığı görülmektedir. Kış hesap sıcaklığı; binalar için ısıtma sisteminin projelendirilmesinde kullanımının sağlanması için, ortalama bir kış boyunca yeterli sıklıkta tekrarlanan en soğuk sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Bu sıcaklığın ısı kaybı hesaplamalarında kullanılarak, bu tür sistemlerin normal işlemlerde üstesinden gelebileceği söylenebilir (Demirbilek ve Yener, 1996).

## **Dış hesap sıcaklıkları tespit yöntemleri**

Kış dış hesap sıcaklığı için; en düşük sıcaklığın veya uzun seneler için en düşük sıcaklıkların ortalamasının alınması, kaydedilen en düşük sıcaklığın 5-8°C artırılması, Ocak ortalamasının 13.8-19.4°C azaltılması, günlük ortalama sıcaklıkların muhtemel tekrarlarına dayanması, Ocak ayı veya en düşük ayın saatlerinin % 1.0, % 2.5, % 5 ve % 10'unda veya altında rastlanan dış sıcaklık değerinin kullanılması, aylık en düşük kuru termometre sıcaklığı ortalamasının seçimi, başvurulan çeşitli yöntemlerdir (Gülferi, 1966; Demirbilek, 1992; El-Shaarawi ve Al-Masri, 1996).

Eski Amerikan yönteminde de; kış için dış hesap sıcaklığı, her şehir ya da meteoroloji istasyonu için iki frekans seviyesinde belirlenmektedir. Temsil eden sıcaklıklar; kuzey yarımkürede Aralık, Ocak, Şubat (2160 saat), güney yarımkürede Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında toplam gün sayısının % 99 veya % 97.5'una eşit olmalı veya aşmalıdır. Normal bir kışta % 99 değerinin altında veya eşit 22 saat, % 97.5 değerinin altında veya eşit 45 saat vardır. Kanada şehirleri veya meteoroloji istasyonları için bu iki hesap sıcaklığı, Kanada'nın en soğuk ayı olan Ocak ayı referans alınarak hesaplanmaktadır. Genellikle dış hesap sıcaklığı % 97.5'a denk gelen değerdir. Eğer bina masif, camları az, iç ısı yükü büyük ve sadece gündüzleri kullanılıyorsa, belirli şartlar altındaki normal binalar için gerekli dış hesap sıcaklıkları % 2.5 risk ile seçilmektedir. Bilakis eğer bina düşük ısı kapasiteli hafif yapı elemanları ile yapılmış ve yeterli yalıtılmamışsa, idare eder ısıtma sistemi ve orta büyüklükte cam yüzey alanı varsa, ısıl kütlesi düşük, ısı yükü az ve iç hesap sıcaklıkları yüksek hassasiyet ile sabit tutulması isteniyorsa, hacim sıcaklık kontrolü kritiktir veya ekstrem sıcaklıkların medyanı ya da % 1 risk değeri kullanılmaktadır (Gülferi, 1966; Houghton, 1985; Demirbilek, 1992; El-Shaarawi ve Al-Masri, 1996; Kuehn, Ramsey ve Threlkeld, 1998).

Önerilen bir diğer yöntemde de; hesap sıcaklığı bölgesinde ısıtma mevsimi boyunca meydana gelmiş bulunan sıcaklıkların ve aynı müddet içerisindeki derece gün sayılarının yüzde kümülatif tekrarları (% 0.5, %1.5, %2.5)

arasındaki ilişkiler incelenerek, diğer istasyonlar için kış dış hesap sıcaklıkları hesaplanmaktadır. % 0.5, % 1.5 ve % 2.5 risk için tesbit edilen dış sıcaklıkların değerleri, derece gün sayıları ve aynı risk değerleri gösterilerek hazırlanan dağılım diyagramında noktalar kullanılarak elde edilen eğri ve denklem, diğer istasyonlar için kış dış hesap sıcaklıklarının derece gün sayıları yardımıyla hesaplanmasında kullanılmaktadır (Gülferi, 1966).

Daha önceleri tasarım şartlarının hesaplanmasında kullanılan kış ayları ülkelerin buldukları yere bağlı olarak değişmekte; ABD’de 3 ay kış dönemine, Kanada’da Ocak aylarına, uluslararası yerleşim noktalarında ise en soğuk 3 aya dayanmaktadır. Ancak ülkelere ve ülke içinde farklı bölgesel iklim alanlarına bağlı olarak farklı değerler belirlenebilmektedir. Hesap şartlarının ülke veya genel iklim şartlarından bağımsız olarak herhangi bir yerdeki aynı yıllık tekrar olasılığını temsil etmesi amacıyla, daha önce kış ayları boyunca tekrar etme sıklıkları 99 ve 97.5 yüzde değerleri yıllık % 99.6 ve % 99’a denk gelecek şekilde değiştirilmiştir. Örneğin kış için % 99.6 değeri, yıldaki 8760 saat içinde 35 saat altına inilen sıcaklık değeri anlamını taşımaktadır. Bu değişiklik herhangi bir yerde, mevsimsel ekstrem sıcaklık ve rutubet dağılımlarından bağımsız, aynı meydana gelme (tekrar etme) olasılığını temsil edecek tasarım şartlarını sağlamak için yapılmıştır (ASHRAE, 1997).

Alman metodu olan DIN 4108’de ve benzer şekilde DIN 4701’e uygun ısı kaybı hesabında, bir yerin dış hava sıcaklığı için 20 yıllık zaman dilimi içinde on kez düşülen veya altına inilen en düşük iki günlük ortalama hava sıcaklığı değeri esas alınmaktadır. Isı yükü hesaplamalarında bu sıcaklık, yapı türünün ağırlığına bağlı olarak belirlenen dış sıcaklık düzeltmesi ile 2°C veya 4°C artırılarak kullanılmaktadır. (DIN, 1982; VDI, 1983)

Özellikle dış hesap sıcaklığı seçiminde belirli riskleri tasarımcıya yükleyen ve alınan bu risk yüzdesini gösteren Amerikan yöntemiyle, sıcaklık aralığı için daha katı sınırlar uygulayan Alman yöntemi kıyaslandığında; seçimde her ikisi de yapı ağırlığını gözönüne alırken, Alman yönteminde

tanımlanmış bağıntılarla ve bunların sayısal sonuçlarıyla daha belirgin bir şekilde dış hesap sıcaklığının ve yapı ağırlığına göre düzeltme değerlerinin tanımlı olduğu, oysa Amerikan yönteminde yapılması gerekli kabullerin ucu açık sözlerle ifade edildiği, saatlik sıcaklıkları kullanan Amerikan yöntemine kıyasla Alman yönteminin; günlük sıcaklık ortalamalarından dış hesap sıcaklıklarını türettiği ve 12 yıllık gözlem süreli Amerikan yöntemine kıyasla, 20 yıl gibi 8 yıl daha uzun bir gözlem süresi ele aldığı görülecektir. Her ikisi de ısıtma süresi uzunluğunu dikkate almamaktadır.

Isıtma konusunda Türk Standartları’nın henüz hazırlanmamış olması dolayısıyla muhtelif teşekküllerin ısıtma projelerinde kendilerinin kabul etmiş oldukları kurallara uyulmasını arzu etmeleri ve bazı hallerde bu kuralların birbirleriyle çelişmesi problemine çözüm bulunması amacıyla, Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi’nde oluşturulan tesisat komisyonu; mevcut kuralları, standart tasarımlarını ve bu alandaki yabancı standartları gözönüne alarak, “Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Esasları”nı tespit etmiş ve Odanın 42 numaralı yayını olarak 1970 yılında yayınlamıştır. Halen kullanılmakta olan Türkiye’de geçerli iklim verileri olarak kış şartları için -27°C/+3°C aralığında değişen tek bir dış hava kuru termometre hesap sıcaklıklarının yer aldığı bu yayında; dış sıcaklık derecelerinin, bölgenin iklim şartları gözönünde bulundurularak Bayındırlık Bakanlığı tarafından hazırlandığı belirtilmektedir. Bu çalışma esas alınarak hazırlanmış Türk standart ve esasları olan “Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları” ise 1984 tarihlidir. 1968 tarihli çalışmada önerilmiş; % 1.5 risk faktörüyle hesaplanmış olduğu anlaşılan verilerin belirlendiği çalışmalar ise 33 yıl öncelerine dayandığından, güncelliği tartışma konusudur. (Narter vd., 1968; MMO, 1970; TS, 1984)

Halbuki küresel ve yerel etkenler rol oynayarak, dünyanın ve ülkemizin iklimi değişmiş ve değişmektedir. Belirli yörelerde dış sıcaklığın daha farklı olması gerektiği savunulduğundan; resmi çerçevenin dışına çıkıp, inisiyatif kullanabilen pek çok proje müellifi ve yapımçı, kendi tecrübelerine dayanarak standardın dışında

iklim değerleri kullanmaktadır. Öte yandan iklim değişikliğine ilave olarak özellikle büyük şehirlerde ısı adaları oluşmakta ve şehir içinde bölgeden bölgeye de iklim şartları önemli farklılıklar göstermektedir.

### Önerilen tespit yöntemi

Diğer dış hesap sıcaklığı hesap yöntemlerine kıyasla ısıtma gün sayısı uzunluğunun da dikkate alındığı önerilen bu yeni yöntem; 20 yıllık zaman dilimi içinde ısıtma süresini de dikkate almak kaydıyla en az yirmi kez düşülen veya altına inilen en düşük iki günlük ortalama hava sıcaklığı değerini, o yerin dış hesap sıcaklığı olarak tariflenmesini esas almaktadır. Ülkenin en düşük ısıtma gün sayısına sahip yer için 20 yıllık zaman diliminde en az yirmi kez rastlanan veya bir diğer deyişle yılda 1 kez rastlanılan değer dış hesap sıcaklığı olarak kabul edilirken; bir başka yer için istenilen en düşük tekrar sayısı, ilgili yerin artan ısıtma süresi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Öncelikle son 20 yıllık günlük sıcaklık ortalamaları serisinden, iki günlük sıcaklık ortalaması serisi türetilmektedir.

Buna göre kabul edilen 20 yıllık zaman dilimi içinde 20 kez düşülen veya altına inilen kümüle tekrar sayısının değerlendirileceği iki günlük ortalama hava sıcaklıkları serisi, takip eden bağıntılar kullanılarak elde edilmektedir.

$$t_{1ort} = (t_1 + t_2) / 2 \quad (1)$$

$$t_{2ort} = (t_2 + t_3) / 2 \quad (2)$$

Ele alınan 20 yıl uzunluktaki dönem içinde; ilk günden son güne kadar günlük sıcaklıklardan oluşan seriden yararlanılarak, verilen bağıntılarla birbirini takip eden iki günlük sıcaklık ortalamaları elde edilmekte ve böylelikle rastlanmış ekstrem sıcaklıklardan arındırılmış yeni bir sıcaklık serisi türetilmektedir.

Bu yeni serinin kümülatif tekrar sayıları sıralamasında; ısıtma sürelerine bağlı olarak değişecek 20, 40 veya 60 kere ulaşılan veya altına düşülen sıcaklık, o yer için dış hesap sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır. En kısa ısıtma süresine sahip yer için 20 yılda 20 kere ulaşılan veya altına düşülen iki günlük ortalama hava sıcaklığı

değeri dış hesap sıcaklığını gösterirken, farklı ısıtma süresine sahip başka bir yer için dış hesap sıcaklığını gösterecek tekrar sayısı, en düşük ısıtma süresi ile doğru orantılanarak belirlenmektedir.

$$TS_{yeni} = (x_{yeni} / x_{min}) * TS_{min} \quad (3)$$

İlgili yere ait sıcaklık-kümülatif tekrar sayısı tablosunda; hesaplanan dış hesap sıcaklığını gösterecek tekrar sayısına denk gelen sıcaklık, dış hesap sıcaklığı olarak seçilmektedir.

Türkiye’de bulunabilen sıcaklık kayıtlarından, ülke genelinde yaygın olarak yıllardan beri ölçülmekte olan ve geçmişe dönük uzun süreli verilerine ulaşılabilen günlük sıcaklık ortalamalarının kullanılabilmesinden hareketle geliştirilen bu yöntem; 20 yıllık bir süre içinde seçilen dış hesap sıcaklığının en az yılda bir kere rastlanılmasını öngörmekte, çok farklı iklimlerin yaşandığı ve farklı ısıtma sürelerinin hüküm sürdüğü ülkemizde, belirli ve sabit tekrar sayısının gösterdiği sıcaklık seçimi yerine ısıtma süresinin uzunluğuna göre değişen tekrar sayılarıyla dış hesap sıcaklığının seçimine olanak sunmaktadır.

### Sıcaklıkların kıyaslanması

Türkiye’nin geneline yayılmış Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’ne bağlı 218 meteoroloji istasyonunun; 1 Haziran 1978 – 31 Mayıs 1998 dönemi günlük ortalama hava sıcaklığı verilerinin (°C) cinsi değerlerinden yararlanılmış; Alman yöntemi, Amerikan yöntemi ve önerilen yöntem kullanılarak, yeni dış hesap sıcaklıkları hesaplanmıştır.

Hesaplanan dış hesap sıcaklıklarının 1970 öncesi önerilmiş dış hesap sıcaklıkları ile kıyaslanması; Alman yöntemi sonuçlarıyla istasyonların %70.5’unda, % 1 risk faktörlü Amerikan yöntemi sonuçlarıyla istasyonların yaklaşık % 95’inde arttığını göstermektedir. Önerilen dış hesap sıcaklığı hesap yöntemi sonuçlarıyla da istasyonların % 91’inde yeni dış hesap sıcaklıklarının arttığı sonucuna varılmaktadır. Tablo 1’den de görüleceği üzere, önerilen yöntemle hesaplanan yeni dış hesap sıcaklıkları, halen

kullanılan dış hesap sıcaklıklarımıza kıyasla; Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgeleri dışında 11 istasyonda (% 5.2) 1-3°C seviyelerinde azalmakta, Ege, Güneydoğu Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgeleri dışında bulunan 8 istasyonda (% 3.8) hiç değişmemekte, 191 istasyonda ise 1-15°C aralığında değişen seviyelerde artmaktadır.

Önerilen yöntemle hesaplanan -25/+5°C aralığında değişen yeni dış hesap sıcaklıklarının Amerikan yöntemiyle hesaplanan sıcaklıklardan farkı (Önerilen-Amerikan) -3/+1°C aralığında, Alman yöntemiyle hesaplanan sıcaklıklardan farkı (Önerilen-Alman) ise 0/+5°C aralığında daha yüksek olarak değişmektedir. Örneğin önerilen yöntemle hesaplanan yeni dış hesap sıcaklıkları; İstanbul'da 0°C'ye, İzmir'de +1°C'ye, Ankara'da -7°C'ye, Adana'da +3°C'ye, Marmaris ve Mersin'de ise +4°C'ye yükselmektedir.

Yapılan çalışma kapsamında hesaplanan ve önerilen yeni dış hesap sıcaklıklarının yükseklikle

değişimleri, basit regresyon ve korelasyon yöntemleri kullanılarak istatistiki olarak araştırılmıştır. Elde edilen bağıntılar ve katsayılar, yüksekliği bilinen ancak sıcaklık verileri olmayan yerler için dış hesap sıcaklığının tahmin edilmesinde ve hassasiyetinin bilinmesinde yardımcı olacaktır. Türkiye ve bölgesel ölçeklerde incelenen yükseklikle değişimlerin yakınlığının sayısal ölçüsünü ifade eden korelasyon katsayısı değerleri; Doğu Anadolu'da 0.34, Güneydoğu Anadolu'da 0.38, İç Anadolu'da 0.46, Marmara'da 0.73, Ege'de 0.81, Akdeniz'de 0.93, Karadeniz'de 0.95 ve Türkiye genelinde 0.79 olarak bulunmuştur. Türkiye geneli için yükseklikle değişim sonuçları Şekil 1'de verilmiştir.

#### Sıcaklıkların değiştirilmesiyle sağlanacak kazançlar

Yeni dış hesap sıcaklıklarının yönetmelik ve standartlara girmesi ile birlikte, tesisat ilk yatırım giderlerinde yapılagelmekte olan gereksiz harcamalar ve milli servet kayıplarının da önüne

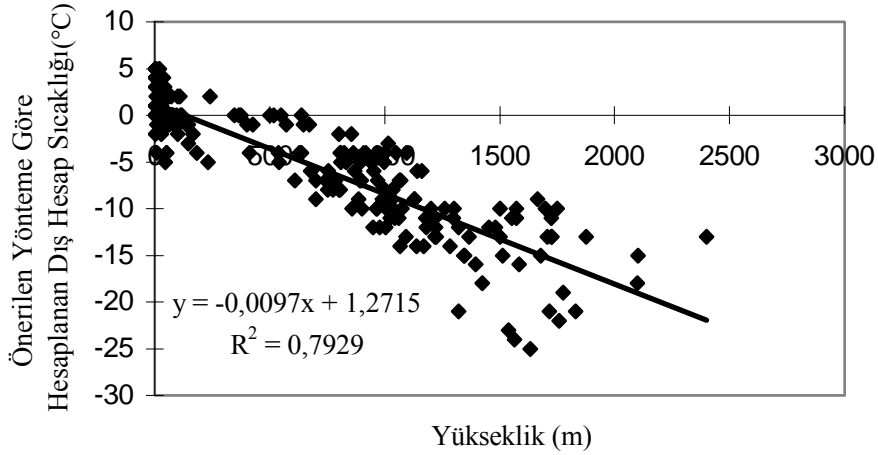
Tablo 1. Önerilen yöntemle tespit edilen yeni dış hesap sıcaklıklarının halen kullanılan sıcaklıklardan farkı ve bölgesel dağılımları

Fark (°C)	İstasyon Sayısı	Akdeniz	Doğu Anadolu	Ege	Güneydoğu Anadolu	İç Anadolu	Karadeniz	Marmara
-3	4	-	4	-	-	-	-	-
-2	2	-	1	-	-	1	-	-
-1	5	1	2	-	-	1	1	-
0	8	4	3	-	-	1	-	-
1	18	5	-	7	-	3	3	-
2	30	6	-	5	1	8	5	5
3	42	3	2	11	2	8	10	6
4	22	1	2	3	3	7	1	5
5	41	5	7	9	2	9	1	8
6	15	1	5	1	5	1	2	-
7	5	-	2	-	1	1	1	-
8	9	-	5	-	-	-	4	-
9	3	-	2	-	-	-	1	-
10	1	-	1	-	-	-	-	-
11	1	-	1	-	-	-	-	-
12	1	-	1	-	-	-	-	-
14	2	-	2	-	-	-	-	-
15**	1	-	-	-	-	-	-	1
Toplam*	210	26	40	36	14	40	29	25

\* Amasra, Dalaman, Esenboğa, Etimesgut, Kireçburnu, Kumköy, Uludağ Zirve ve Yumurtalık'a ait halen kullanılan dış hesap sıcaklıkları bulunmamaktadır.

\*\* Gökçeada için halen kullanılan sıcaklık, büyük olasılıkla yazım hatasından kaynaklanmaktadır.

## Dış hesap sıcaklıkları



Şekil 1. Türkiye genelinde dış hesap sıcaklıklarının yükseklikle değişimi

geçilmiş olacaktır. Daha düşük ısıtma ihtiyacı, daha küçük ısıl gücünde kazan ihtiyacı, daha az uzunlukta radyatör, aynı seviyede daha az sistemdeki su hacmi ve daha küçük genişleme kabı hacmi gerektirmekte; aynı seviyede yıllık yakıt tüketiminin azalması, aynı oranlarda azalacak daha küçük yakıt deposu kullanımına yöneltmektedir. Rastlanılan daha gerçekçi sıcaklıklarda çalışılmasının sağlanması, sabit sıcaklıkta tasarlanmış sistemler için hiç şüphesiz verimlilik artırımını da sağlayacaktır.

Dış hesap sıcaklıklarındaki değişimin tesisat projelendirilmesindeki kazançlarına yönelik bir bina için yapılmış örnek, Türkiye için genelleştirilmiştir. Örnekte ele alınan ve 2. Derece Gün Bölgesinde TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” kriterlerine uygun projelendirilmiş bina; bodrum ve zemin dahil altı katlı, toplam 10 daireli, ayırık nizamda, normal bölgede, serbest olarak seçilmiş konutlardan oluşan binada işletme durumu 1. İşletme, banyo sıcaklığı 24°C, diğer tüm odalar ve koridor 20°C olarak alınmıştır.

TS 2164 “Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları” kriterlerine göre tesisat projelendirmesine yönelik yapılan ısı kaybı hesabında, mevcut ısıtılmayan mahal sıcaklıkları kullanılmış ve ara dış hesap sıcaklıkları değerlerinde bir alt değer karşılığı ısıtılmayan mahal sıcaklıkları kabul edilmiştir. Radyatör boyutlandırmasında 872 W/m ısıl gücünde panel radyatör, kazan seçiminde 46.5 kW (mevcut halde İstanbul şartlarında) kapasiteli kat kaloriferi kullanılmıştır.

Doğal gazlı kat kaloriferi verimi % 91’dir. Radyatör birim fiyatı yaklaşık 21 \$/m, kat kaloriferi birim fiyatı ise yaklaşık 1107 \$/adet’tir. Ana dağıtma ve toplama boruları yalıtılmış, ısıtılmayan hacimlerden veya kanallardan, kolonlar ise tesisat bacalarından geçiyor hali için kazan artırımı katsayısı 0.15 seçilmiştir. Doğal gaz ısıl değeri 8250 kcal/m<sup>3</sup>tür. Dış hesap sıcaklıklarının değişimiyle binanın ısı kaybındaki fark aşağıdaki bağıntı ile basitçe ifade edilebilmektedir.

$$\Delta Q = 1044 * \Delta t_{dış} + 114 * \Delta t_{im} + 72 * \Delta t_{çab} \quad (4)$$

Bina, İstanbul için mevcut dış hesap sıcaklığı -3°C ve yeni dış hesap sıcaklığı 0°C ele alınarak değerlendirildiğinde; 10 daireli binada mevcut halde 45.6 m panel radyatör ve 46.5 kW kapasitesinde kat kaloriferi projelendirilirken, yeni dış hesap sıcaklığı bina ısıtma ihtiyacını örneğin İstanbul’da 3576 W azaltarak, 4.1 m uzunlukta daha az radyatör ve 4.1 kW daha küçük kat kaloriferi seçimine imkan tanımaktadır. 1999 yılı bina inşaat istatistikleri kullanılarak tamamen veya kısmen biten yeni ve ilave yapı verisi bulunan 76 il merkezi için 10 daireli bu bina örneğinin tasarruf potansiyellerinin belirlenmesine yönelik genelleştirilmesi, Tablo 2’de özetlenmiştir. Buna göre yeni dış hesap sıcaklıkları kullanılarak, tüm Türkiye genelinde tesisatsız binalarda 1.209 adet kat kaloriferi tasarruf potansiyeli bulunurken, tesisatlı binalarda da 775 adetlik tasarruf potansiyelinin değerlendirilemediği görülmektedir.

Tablo 2. 76 İl merkezi için tesisat tasarruf potansiyelleri

Tamamen veya kısmen biten yeni ve ilave yapılar (1999)	Kalorifer Tesisatlı *	Kalorifer Tesisatsız **	Toplam
Daire Sayısı (adet)	68,529	145,626	214,155
Tasarruf Edilen Isıtma İhtiyacı (W)	31,208,080	49,324,979	80,533,059
Tasarruf Edilen Radyatör Uzunluğu (m)	35,789	56,565	92,354
Tasarruf Edilen Kat Kaloriferi (adet)	775/846	1,209/1,338	1,984/2,184
Tasarruf Edilen Radyatör Uzunluğu İle Projelendirilebilecek Daire Sayısı (adet)	862	1,363	2,225
Tasarruf Edilen Radyatör Uzunluğu İle Projelendirilebilecek Bina Sayısı (adet)	3,575	5,650	9,225
Tasarruf Edilebilecek Doğal Gaz Miktarı (m <sup>3</sup> /h)			

\* İsrar edilen, değerlendirilememiş potansiyeli göstermektedir.

\*\* Tasarruf edilebilecek potansiyeli göstermektedir.

Tasarruflar İstanbul şartları altında incelendiğinde, kalorifer tesisatsız binalarda 1338 adet kat kaloriferi tasarruf potansiyelinin bulunduğu sonucuna varılmaktadır. Kalorifer tesisatsız 145,626 daire için, İstanbul'un eski dış hesap sıcaklığı şartlarında hesaplanan 664,055 m radyatör uzunluğu ihtiyacının içinde ise, % 8.5 oranında (56,565 m) tasarruf potansiyeli bulunduğu görülmektedir. Bu, yeni dış hesap sıcaklıklarına göre 1999 yılında sadece İstanbul'da tamamen veya kısmen biten yeni ve ilave daire radyatör ihtiyacının karşılanabilmesi demektir. İstanbul şartlarında; sistemdeki su hacmi 34.2 lt azalırken, 90/70 ısıtma sistemindeki genişleme kabı hacmi ise yaklaşık 2.1 lt küçülmektedir.

Sadece 1999 yılı kalorifer tesisatsız daireleri için tasarruf potansiyeli ekonomik değeri, İstanbul dış ortam koşulları için yaklaşık 2,538,400 \$'dır. 1999 yılında tamamen veya kısmen biten yeni ve ilave daireler içinde de; 8624 dairenin ihtiyacı olan 35,789 m radyatörün fazladan döşendiği anlaşılmaktadır. Burada kazan dahil yaklaşık 1,688,100 \$ eşdeğeri tasarruf potansiyeli ne yazık ki değerlendirilememiştir. 1964-1999 yılları arasında tamamen veya kısmen biten yeni ve ilave 5,278,734 dairenin tasarruf potansiyeli ise,

binaların kalorifer tesisatsız olma kabulüyle yaklaşık 96,741,740 \$'dır.

### Sonuçlar ve tartışma

Çeşitli il ve ilçe merkezlerinde bulunan 218 meteoroloji istasyonunun verilerine göre; Alman, Amerikan ve yeni önerilen yöntemler kullanılarak yeniden hesaplanan dış hesap sıcaklıklarının, halen kullanılan dış hesap sıcaklıklarından daha yüksek olduğu bulunmuş, önerilen yeni dış hesap sıcaklıklarının kullanımıyla tesisatta sağlanabilecek tasarruf potansiyeli vurgulanmıştır. 218 istasyonun son yirmi yıldaki sıcaklık değişimlerinin, önerilen yeni dış hesap sıcaklıkları ile kıyaslanarak görüldüğü çalışmada; verisi bulunmayan 8 meteoroloji istasyonu için iklim verileri de türetilmiş, sıcaklık verileri bulunmayan ancak yüksekliği bilinen yerlerin iklim verilerinin hesaplanabilmesi için bölgesel dış hesap sıcaklığı-yükseklik bağıntıları ve doğrulukları çıkarılmıştır.

1978-1998 döneminde 1 yıl içinde halen kullanılan dış hesap sıcaklıklarımıza; 62 istasyonda hiç rastlanılmadığı, 133 istasyonda 1 günden daha kısa süre, 21 istasyonda 1 gün ve sadece 2 istasyonda ise 2 gün rastlanıldığı



görülürken, aynı değerlendirme kümüle tekrar sayılarını değerlendirmek üzere yapıldığında; istasyonların 56'sında hiç rastlanılmadığı, 110'unda 1 günden daha kısa bir süre, 30'unda 1 gün, 18'inde 2-5 gün, 3'ünde 6 gün ve birinde 12 gün rastlanıldığı görülmektedir. Yeni önerilen dış hesap sıcaklıklarına ise ısıtma sürelerine bağlı olarak yılda en az 1, 2 veya 3 günden başlayan sıklıkta rastlanılmaktadır.

Tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde ve güncel son verilerle ilk kez böylesine detaylı yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre; halen kullanılan dış hesap sıcaklıklarının ve ısı iklim bölgelerinin yeniden düzenlenmesi, binalarda ısı yalıtımı ve kalorifer tesisatı yönetmelik ile standartlarının da buna göre yenilenmesi gerekmektedir.

Üstlenilen riskin bilinmesinden öte, yapının ağırlığına karar verme insiyatifinin uygulamacıya bırakılması; ülkemizdeki alışkanlıklar ile inşatta, projede, hesaplamada, uygulamada ve kontrolde yapılabilecek keyfi değişiklikler, daha sonra ısınma problemleriyle karşılaşılacak yetersiz tesisat boyutlandırmalarına sebebiyet verebilecektir. Bu sebeple, Alman ve Amerikan yöntemlerinin aksine önerilen hesaplama yönteminde olduğu gibi şu an için tek bir değer verilmesi, hem uygulama hem de kontrol için çok daha pratiktir.

Dış hesap sıcaklığındaki değişim, tesisat kullanımını ve yapıya bağlı zamlandırma katsayılarını değiştirmemekle birlikte; ısı ihtiyacını önemli ölçüde değiştirmekte, tesisatın kullanıma yönelik artırım katsayılarıyla birlikte tesisat ve ekipman boyutlandırmasına azaltıcı yönde etkisi artarak yansımaktadır. Dış hesap sıcaklığının bu yükselişi, kalorifer tesisatı ilk yatırım ve işletme giderleri ile yıllık yakıt talebinde değişen oranlarda azalma sağlayacağını göstermektedir.

Önerilen dış hesap sıcaklığı hesaplama yöntemi pratik ve uygun olmakla birlikte; ülkemizde TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" uygulanarak yapılmakta olan yeni yapıların tesisat projelendirilmesinde önerilen yeni dış hesap sıcaklıklarının kullanılması güvenle sağlanabilirken, gerek bireyler ve gerekse ülke ekonomisi açısından da sıralanan birçok avantajı beraberinde getirecektir.

Kazan ısı gücünde, radyatör sayı ve gruplarında azalma, genleşme kabı, dolaşım pompası, brülör kapasitesi ve baca kesitinde küçülme, ilk yatırım giderleri, işçilik giderleri ve elektrik tüketiminde azalma sağlanacaktır. Artan verimlilikle azaltılacak yakıt tüketimi, hem bireylerin daha az yakıt ihtiyacına hem de ülkenin daha az enerji kaynakları ithalatına neden olacak, döviz giderlerinde tasarruf sağlanacaktır. Halen doğalgaz kullanılmayan şehirlerimizde yakıt ve cürufun taşınması sürecinde; azalacak araç sayısı ile araç yakıt tüketimi ve emisyonlarının azalması, ısıtma döneminde yakıt taşıyan araçların yoğunluğunu artırdığı trafikte rahatlatma söz konusudur. Küresel ısınmaya, insan sağlığını olumsuz etkileyerek iş veriminin azalmasına, sağlık giderlerinin artmasına, kültürel mirasımız tarihi yapıların zarar görmesine neden olan hava kirliliği azalacaktır.

Yürürlükteki standart ve yönetmeliklerin özellikle ısı ekonomisi yönünden ülkemiz için yetersiz oldukları bilinmektedir. Dış hesap sıcaklıklarındaki bu değişim özellikle ısıtma tesisatı sektöründeki üreticilerin ürün çeşitlerini tekrar gözden geçirmesini ve hatta ilgili kalorifer tesisat projelendirme standardının günümüz teknolojilerini de kapsayacak şekilde yenilenmesini gerektirecektir. Standart sadece bu çalışmada da önerilen sıcaklıkların değişimini kapsamamalı, hesaplama yöntemi; bina yapım alışkanlıklarını gözönünde tutan yeni artırım katsayılarının belirlenmesini ve düşük sıcaklık ısıtmasına da olanak verilmesini sağlayacak şekilde yeniden düzenlenmelidir. "TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardındaki derece gün bölgelerinin yeniden düzenlenmesi yanı sıra, "TS 2164-Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları" içinde yer alan dış hesap sıcaklıklarının değişimiyle de uyumluluk sağlanmalıdır.

## **Semboller**

$t$	: Ortalama sıcaklık (°C)
$t_{ort}$	: Ortalama sıcaklık ortalaması (°C)
$TS$	: Kümüle tekrar sayısı (gün/20 yıl)
$x$	: Isıtma gün sayısı (gün)
$\Delta Q$	: Isı kaybındaki değişim (W/mK)
$\Delta t_{dış}$	: İç-dış ortam sıcaklık farkı (°C)
$\Delta t_{im}$	: İç-ısıtılmayan mahal sıcaklık farkı (°C)
$\Delta t_{cab}$	: İç-çatı arası boşluğu sıcaklık farkı (°C)

## Kaynaklar

- Ashrae, (1997). *Konutlarda Soğutma ve Isıtma Yükü Hesapları*, Temel El Kitabı, TTMD Yayınları, **25**, Ankara.
- Arısoy, A., (1998). İklim Verileri, *III. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilimi ve Teknolojisi Sempozyumu*, İstanbul, 3-8.
- Demirbilek, F. N., (1992). Correlation Between Winter Design Temperature And Mass Of The Exterior Walls, *Doktora Tezi*, ODTÜ, Ankara.
- Demirbilek, F. N. ve Yener, C., (1996). A Proposal For "Correction Values" For Winter Outdoor Design Temperatures, *Solar Energy*, **57**, 111-116.
- DIN 4710, (1982). *Meteorologische Daten zur Berechnung des Energieverbrauches von heiz- und raumluftechnischen Anlagen*, Beuth Verlag, Berlin.
- El-Shaarawi, M. A. I., Al-Masri, N., (1996). Weather Data and Heating Degree Days For Saudi Arabia, *Energy*, **21**, 39-44.
- Gülferi, İ., (1966). Meteorolojik Değerler Yardımıyla Kış İçin Dış Hesap Sıcaklığının Bulunmasında Kullanılacak Yeni Bir İstatistikî Metod Ve Türkiye'ye Tatbikatı, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü., İstanbul.
- Gülferi, İ., (1979). Kış İçin Dış Hesap Sıcaklığının Seçilmesi, II. Ulusal Isı Kongresi, 57-72.
- Gültekin, M. L., (1995). Türkiye'de Derece-Günlerin Dağılımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü., İstanbul.
- Gültekin, M. L. ve Kadioğlu, M., (1996). Marmara Bölgesi'nde Isıtma Ve Soğutma Derece-Günlerin Dağılımı, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, **4**, 33-41.
- Houghton, D. D., (1985). *Handbooks Of Applied Meteorology*, John Wiley & Sons, New York.
- Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Esasları, (1970). Makina Mühendisleri Odası, **42**, İskender Matbaası, İstanbul.
- Kuehn, T. H., Ramsey, J.W. and Threlkeld, J.L., (1998). *Thermal Environmental Engineering*, Prentice Hall, New Jersey.
- Narter, F., Gülferi, İ. ve Uğural, G., (1968). Kalorifer Tesisatı Proje Ve Bu Tesisata İlişkin Standardlar, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Isı Tekniği Kürsüsü, İstanbul.
- TS 2164, (1984). Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- VDI 2067 Blatt 1, (1983). *Berechnung der Kosten von Warmeversorgungsanlagen, Betriebstechnische und Wirtschaftliche Grundlagen*, Beuth Verlag, Berlin.