



## Makale

**Araş. Gör. Sezgi KOÇAK**  
**Cemil ŞAŞMAZ**  
 Yrd. Doç. Dr. İbrahim  
 ATMACA

### Abstract:

In this study, insulation of a shopping center according to TS 825 'Thermal Insulation Requirements for Buildings' have been studied for different degree-day regions. Overall heat transfer coefficients of constructional components are evaluated in accordance with the values recommended on TS 825 and standards' containing special cases and rules. In addition to this, overall heating and cooling loads of the building are calculated both insulated and non-insulated for each region and the amount of VRF (variable refrigerant flow) equipment needed for air-conditioning is determined. Depending on different degree-day regions, assumed electricity consumption of the shopping center, insulation costs and equipment costs are evaluated and systems' period of redemption is calculated.

### Key Words:

TS 825 standard, insulation, heating load, cooling load, cost accounting.

# Farklı Derece-Gün Bölgeleri İçin TS825'e Uygun Olarak Yalıtılan Bir Alışveriş Merkezinin Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi

## ÖZET

*Bu çalışmada, farklı derece gün bölgesinde bulunan bir alışveriş merkezinin TS 825 "Isı Yalıtım Kuralları" standardında bulunan tüm kurallara uygun olacak şekilde yalıtılması sonucu elde edilen bulgular incelenmiştir. Farklı derece gün bölgeleri için, yapı elemanlarının toplam ısı transfer katsayıları, TS825'de tavsiye edilen değerler ile standardın içerdiği özel durum ve hükümlerin prensibinde değerlendirilmiştir. Bunların yanı sıra binanın toplam ısıtma yükü ve toplam soğutma yükü her bölge için yalıtımlı ve yalıtımsız hal için tespit edilerek, ortamın şartlandırılması için gerekli değişken gaz debili (VRF) cihaz sayısı da tespit edilmiştir. Farklı derece gün bölgelerine bağlı olarak alışveriş merkezinin tahmini elektrik tüketimi, yalıtım maliyetleri ile cihaz maliyetleri de dikkate alınarak yalıtımın geri ödeme süreleri değerlendirilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** TS 825 Standart, yalıtım, ısıtma yükü, soğutma yükü, maliyet hesapları.

## 1. GİRİŞ

Ülkelerin sosyal ve ekonomik olarak gelişmesinde, dolayısıyla da toplumsal refahın artırılmasında gözardı edilemeyecek bir etken olan enerji, geçmişten günümüze dünya gündeminde yoğun şekilde tartışılan bir konu olmaya devam etmektedir. Enerjiyi sürekli, ucuz, güvenilir, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan elde etmek ve de özellikle verimli kullanabilmek son derece önemlidir.

Enerji verimliliği, harcanan her birim enerjinin daha fazla hizmet ve ürüne dönüşmesi olarak tanımlanabilir. Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne sebep olmaksızın enerji tüketiminin azaltılması olarak da ifade edilebilecek olan enerji verimliliği, enerji talebinin 2008 yılı itibarıyla yaklaşık %73'ünü ithalatla karşılayan ülkemizde sanayileşme ve kalkınmada oldukça önemli bir hal almıştır. Yapılan çalışmalar sadece enerjiyi verimli kullanarak yıllık nihai enerji tüketiminin %30'u kadar tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir [1, 2, 3].

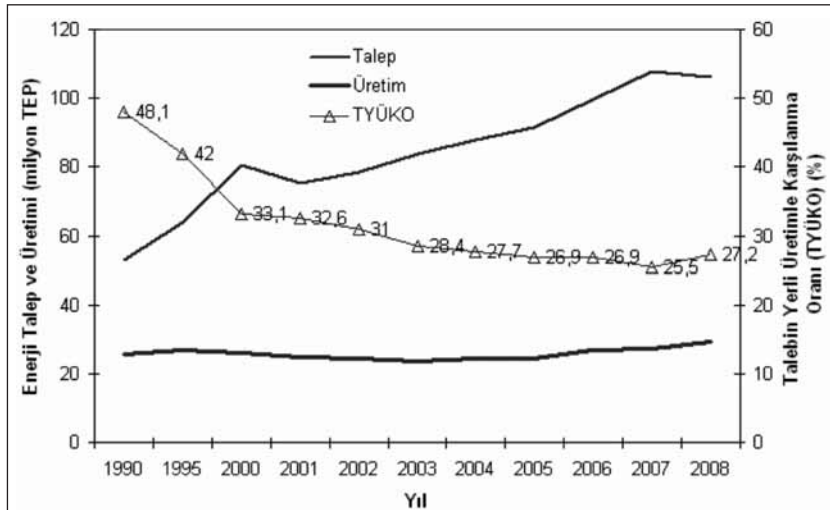


Ülkemizde enerji kullanımını istatistiksel verilerle incelemek enerjiyi verimli kullanmanın ne kadar önemli olacağını bir kez daha gösterecektir. Yıllara göre ülkemizde enerji talebi, üretimi ve bu talebin yerli üretimle karşılanma oranları Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi, 1990'dan itibaren enerji talebi hızla yükselirken, yerli üretim miktarı 25 – 30 milyon TEP aralığında süregelmektedir. Talebin yerli üretimle karşılanma oranı ise 2003 yılından beri %30 değerinin altında seyretmektedir.

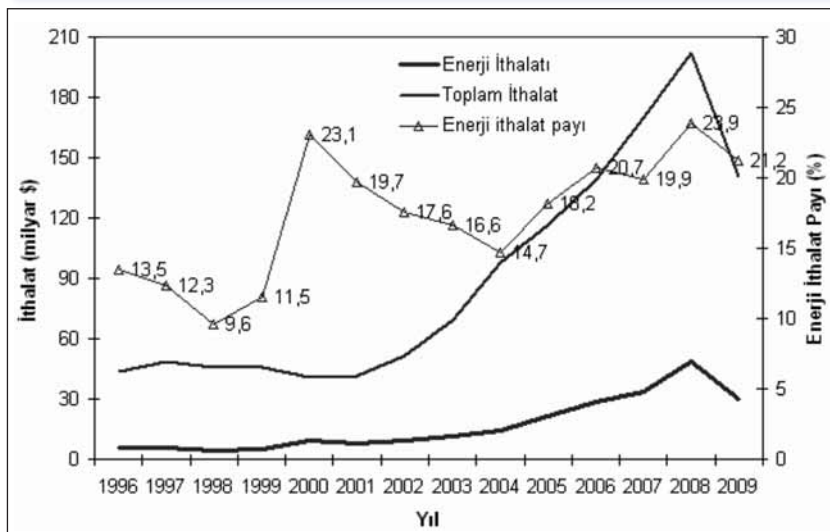
Türkiye'nin enerji hammadde ile toplam ithalat miktarları ve enerji ithalatının toplam ithalattaki payının yıllara göre değişimi Şekil 2'de grafik ile verilmiştir. Türkiye 2008'de tüm ithalat tutarının %23,9'unu yani yaklaşık 48,25 milyar doları enerji hammadde ithalatı için ödemiştir. Ülkemizin ithalatı 2008'den 2009'a yaklaşık %30,3 azalmasına rağmen, toplam ithalatın %21,2'sini enerji hammadde ithalatı oluşturmuştur [3].

Türkiye'de 2006 yılında tüketilen kaynaklar ve yerli üretilme oranları Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi, enerji tüketiminde doğal gaz ve petrol %62 gibi büyük bir pay almaktadır. Ancak bu kaynakları yerli üretimle karşılama oranımız yaklaşık %10 civarında-

dır. Yani 2006 yılında tüketilen yaklaşık 31,3 milyar m<sup>3</sup> doğal gazın %3'ünü yani sadece 0,91 milyar m<sup>3</sup>'ünü yerli olarak karşılayabilmekteyiz. Aynı şekilde tüketilen petrolünde yalnızca %7'sini yani 2,2 milyon ton kadarını yerli üretimle karşılamış bulunmaktayız [4].



Şekil 1. Türkiye'de enerji talebi, üretimi ve bu talebin yerli üretimle karşılanma oranının yıllara göre değişimi [3]



Şekil 2. Türkiye'nin enerji hammadde ithalatının, toplam ithalatının ve enerji ithalat payının yıllara göre değişimi [3]

Tablo1. Türkiye'de 2006 yılında tüketilen kaynaklar ve yerli üretilme oranları [4].

Kaynak	Tüketimdeki payı (%)	Yerli karşılanma oranı (%)	Tüketilen Miktar	Yerli Üretim Miktarı
Doğal Gaz	29	2,9	31,3 milyar m <sup>3</sup>	0,91 milyar m <sup>3</sup>
Petrol	33	7	31,4 milyon ton	2,2 milyon ton
Kömür	29	46,7	-	-



## Makale

Enerji eldesinde 1990 yılından itibaren gitgide artan dışa bağımlılık açıkça görülmektedir. Bu durumda gerekli önlemleri alırken enerjiyi hangi sektörlerde ve hangi miktarlarda kullandığımız da önem arz etmektedir. Nihai sektörler göre enerji tüketiminin yıllara bağlı olarak gelişimi Şekil 3’de verilmiştir. 1995 yılına kadar binalarda enerji tüketimi sanayiden daha fazla olurken, sanayileşme neticesinde daha sonraki yıllarda sanayi sektörünün tüketim payı bina sektörünü geçmiştir. 2006 yılında yaklaşık 77,6 milyon TEP enerji nihai tüketim sektörlerinde tüketilmiş olup, bu miktarın nihai sektörler göre dağılımı;

- %40 Sanayi Sektörü,
- %31 Bina Sektörü,
- %19 Ulaşım Sektörü,
- %5 Tarım Sektörü,
- %5 Enerji Dışı

şeklinde gerçekleşmiştir [1].

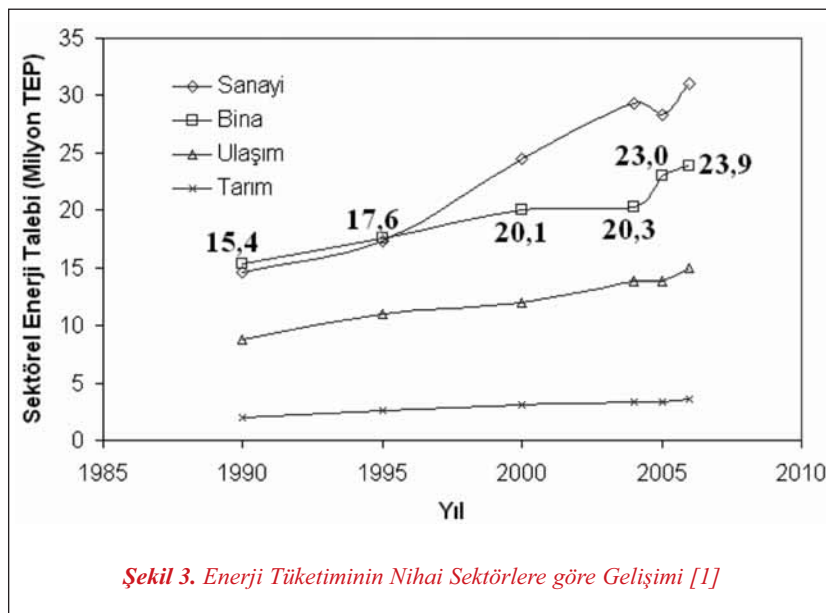
Binalarda tüketilen enerjinin yaklaşık %75’i ısı enerjisi formunda tüketildiği için en etkin ve kolay uygulanabilir önlem ısı yalıtımı olarak öne çıkmaktadır. Binalarda ısınma amaçlı tüketilen enerjiden tasarruf amacıyla TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardı 14 Haziran 2000 tarihinden bu yana uyulması zorunlu standart olarak yürürlüktedir. Ayrıca

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nın “Isı Yalıtım Yönetmeliği” 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. Bahsedilen yıllarda standart ve yönetmelik ile binalardaki enerji tüketiminin azaltılması yönünde önemli adımlar atılsa da mevzuatın çıkarılması enerji tasarrufu sağlandığı anlamına gelmemektedir. Sektörde faaliyet gösteren çevrelerce yürürlüğe giren standart ve yönetmeliğin gerçek anlamda uygulamasının %20’nin üzerine çıkmadığı belirtilmektedir. Binalarda gerçek anlamda enerji verimliliği için bahsedilen mevzuatların uygulanması son derece önemlidir [1]. Ülkemizde yalıtımda uygulanan TS 825 standardı, EN 832 ve ISO 9164 gibi uluslararası standartlara oldukça benzerdir ve uygulanması durumunda önemli neticeler alınacağı açıktır [5].

Bilindiği üzere 5 Aralık 2009 tarihi itibarıyla yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile ısı yalıtımı ayrı bir önem kazanmıştır. Yönetmeliğin üçüncü bölümünde yer alan bina enerji performansı açısından mimari proje tasarımı ve mimari uygulamaları ile dördüncü bölümünde yer alan ısı yalıtım esasları sıklıkla “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına atıfta bulunmaktadır.

Bunun yanı sıra yönetmelik gereğince her binanın bir enerji kimlik belgesi hazırlanacak ve bina enerji performansı A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılacaktır. Bu değerlendirme yapılırken, ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma, havalandırma ve aydınlatma enerji tüketimleri dikkate alınacaktır. Binanın ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerini sınırlandırmanın yolu ise binayı yalıtımdan geçmektedir. Binalarda yapılacak yalıtımın 3 ana getirisi şu şekilde sıralanabilir [6]:

- Enerji tasarrufu ve dolayısıyla parasal getiri,
- Kullanılan yakıt miktarının düşmesine bağlı parasal getiri,



- Tesisat (kazan kapasiteleri, radyatör miktarları, pompa ve brülör kapasiteleri, boru çapları azaltılmasına bağlı olarak) ilk yatırım giderlerinden olan parasal getiri;

- Daha az çevre kirliliği,
- Konforlu bir ısıtma veya soğutma

Bu çalışmada, farklı derece gün bölgesinde bulunan bir alışveriş merkezinin TS 825 “Isı Yalıtım Kuralları” standardında bulunan tüm kurallara uygun olacak şekilde yalıtılması sonucu elde edilen bulgular incelenmiştir. Farklı derece gün bölgeleri için, yapı elemanlarının toplam ısı transfer katsayıları, TS 825’de tavsiye edilen değerler ile standardın içerdiği özel durum ve hükümlerin prensibinde değerlendirilmiştir. Bunların yanı sıra binanın toplam ısıtma yükü ve toplam soğutma yükü her bölge için yalıtımlı ve yalıtımsız hal için tespit edilerek, ortamın şartlandırılması için gerekli değişken gaz debili (VRF) cihaz sayısı da tespit edilmiştir. Farklı derece gün bölgelerine bağlı olarak alışveriş merkezinin tahmini elektrik tüketimi, yalıtım maliyetleri ile cihaz maliyetleri de dikkate alınarak yalıtımın geri ödeme süreleri değerlendirilmiştir.

## 2. TS 825 ISI YALITIMI HESAPLARI

Yalıtılan bir binanın TS 825 Standardına uygun olabilmesi için;

1. Binanın hesaplanan yıllık ısıtma enerji ihtiyacı (Q), standartta verilen yıllık ısıtma enerjisi sınır değerinden (Q’) küçük olmalıdır.
2. Binanın ısı kaybeden yüzeylerindeki dış duvar, tavan, taban ya da döşeme için hesaplanan toplam ısı transfer katsayısı (U) değerinin doğruluğu, standart tarafından tavsiye edilen değerlere göre, özel hükümler de dikkate alınmak kaydıyla kontrol edilmelidir.
3. Binanın ısı kaybeden yüzeylerinde oluşabilecek yoğuşma durumu için hesaplar yapılmalı, yoğuşma olmamasına ya da yoğuşma miktarının buharlaşma miktarının altında kalacak şekilde zararsız olmasına dikkat edilmelidir.
4. Binanın ısı kaybeden dış yüzeylerinde yoğuşma olmasa dahi, küf oluşumunun başlamaması ve

konfor şartlarının bozulmaması için iç yüzey sıcaklıklarının iç ortam sıcaklık değerinden en fazla 3 °C düşük olacak şekilde tasarımlarının yapıldığı kontrol edilmelidir [7].

TS 825 standardı gereğince binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aylık ihtiyaçların toplamı şeklinde tespit edilmektedir:

$$Q_{yu} = \sum Q_{ay} \quad (1)$$

Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ise:

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\phi_i - \phi_{s,ay})] \times t \quad (2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada,

- $\theta_i$  ve  $\theta_e$  : aylık ortalama iç ve dış sıcaklık [°C]
- $\eta_{ay}$  : kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü [-]
- $\phi_i$  : aylık ortalama iç kazançlar [W]
- $\phi_{s,ay}$  : aylık ortalama güneş enerjisi kazançları [W]
- t : bir aydaki saniye cinsinden zaman [s]

şeklinde tanımlanmıştır. Denklemden tanımlanan H; binanın özgül ısı kaybıdır ve iletim – taşınım ile olan ısı kaybı ( $H_T$ ) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının ( $H_v$ ) toplamından oluşmaktadır. İletim – taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, yalıtımda ısı köprüsünün oluşmadığı varsayımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir:

$$H_T = \sum U \times A = U_D A_D + U_P A_P + U_K A_K + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_I A_I + U_d A_d + 0,5 U_{ds} A_{ds} \quad (3)$$

Denklemden verilen toplam ısı transfer katsayısı (U) ve alan (A) değerleri sırasıyla dış duvarlara, pencerelelere, kapılara, tavana, zemine oturan taban veya döşemeye, dış hava ile temas eden tabana ve düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarına ait değerlerdir. Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa  $U_T$  teriminin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınmaktadır. Toplam ısı transfer katsayısı (U) ise bilindiği üzere taşınım ve iletim dirençleri ile basitçe hesaplanabilmektedir:



## Makale

$$\frac{1}{U} = R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_e \quad (4)$$

Bu denklemde  $R_i$  ve  $R_e$  sırasıyla iç ve dış ortam taşınım ısı dirençlerini,  $d$  ve  $\lambda$  ise sırasıyla malzeme kalınlık ve ısı iletim katsayısı değerlerini göstermektedir. Mekanik havalandırma yapılan binalarda havalandırma yoluyla olan ısı kaybı;

$$H_v = \rho \times c \times V' = 0,33 \times V' \quad (5)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada  $V'$  hacimce hava değişim debisidir ve binadaki havalandırma sisteminin zaman zaman kapatılması durumunda şu şekilde hesaplanabilmektedir:

$$V' = V_o(1 - \beta) + (V_f + V_x)\beta \quad (6)$$

Bu denklemde  $V_f$ , sistem vantilatörleri çalışırken vantilatörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisidir ve taze hava giriş debisi ( $V_s$ ) ile çıkış debisi ( $V_E$ )'den büyük olana eşit olarak alınır.  $\beta$  ise vantilatörlerin çalıştığı zaman oranıdır. Denklemde  $V_x$  ise enfiltrasyon (sızıntı) ile oluşan ilave hacimce hava değişim debisidir ve şu şekilde hesaplanabilir:

$$V_x = \frac{V_h \times n_{50} \times e}{1 + \frac{f}{e} \left[ \frac{V_s - V_E}{V_h \times n_{50}} \right]^2} \quad (7)$$

Denklemde  $V_h$ , havalandırılan hacimdir ve brüt hacmin %80'i kadar alınabilir.  $n_{50}$ , iç ve dış ortam arasında 50 Pa basınç farkında hava değişim oranıdır.  $f$ , binada dış ortama açık bir yüzey varsa 15, birden fazla yüzey varsa 20 olarak alınan bir katsayıdır.  $e$ , bina konumuna bağlı değişkenlik gösteren katsayıdır.

Denklem (6)'da  $V_o$  ise vantilatörlerin çalışmadığı durum için hacimce hava değişim debisidir. Vantilatörlerin çalışmadığı durumda sadece doğal havalandırma olacağı kabulüyle  $V_o$  değeri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$V_o = n_h \times V_h = n_h \times 0,8 \times V_{brüt} \quad (8)$$

Denklemde  $V_h$  havalandırılan hacimdir ve vantilatörlerin çalışmadığı zamanlarda doğal havalandırma kabulünde brüt hacmin %80'i kadar alınabilir. Burada  $n_h$  ise hava değişim oranıdır. Doğal havalandırılmalı binalar için TS 825'de 0,8 değeri önerilirken, mekanik havalandırılmalı binalar için bir kabul bulunmamaktadır. Binanın sızdırmazlık durumuna göre bu değer için uygun kabuller yapılabilir. TS 825'e göre aylık ortalama iç kazançlar hesaplama yapılan aydan bağımsız olarak konutlar için bina kullanım alanının 5 katı olarak watt cinsinden hesaplanabilmektedir:

$$\phi_i = 5 \times A_n \quad [W] \quad (9)$$

Burada  $A_n$  binanın kullanım alanıdır ve basitçe bina brüt hacminin %32'si olarak alınabilmektedir. Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ise ışınım değerlerinin değişimine bağlı olarak her ay için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü  $r_{i,ay}$ , saydam yüzeylerin güneş enerjisi geçirme faktörü  $g_{i,ay}$ , dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti  $I_{i,ay}$  ve pencere yüzey alanı  $A_i$  olmak üzere aylık ortalama güneş enerjisi kazançları;

$$\phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \quad (10)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir. İfadedeki "i" alt indisi hesaplama yapılan yönü göstermektedir.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü;

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (11)$$

şeklinde belirlenebilmektedir. Burada  $KKO_{ay}$  hesaplama yapılan ay için kazançların kayıplara oranı şeklinde hesaplanmakta ve eğer değeri 2,5 yahut üzerinde olursa o ay için ısı kaybının olmadığı kabul edilmektedir.

TS 825'e göre yukarıda anlatılan metot doğrultusunda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı tespit edilir ve standartta belirtilen üst limitler ile mukayese edilerek yalıtımın uygunluğu değerlendirilebilir. Değerlendirme net kat yüksekliğinin 2,6 m değerinden büyük veya küçük



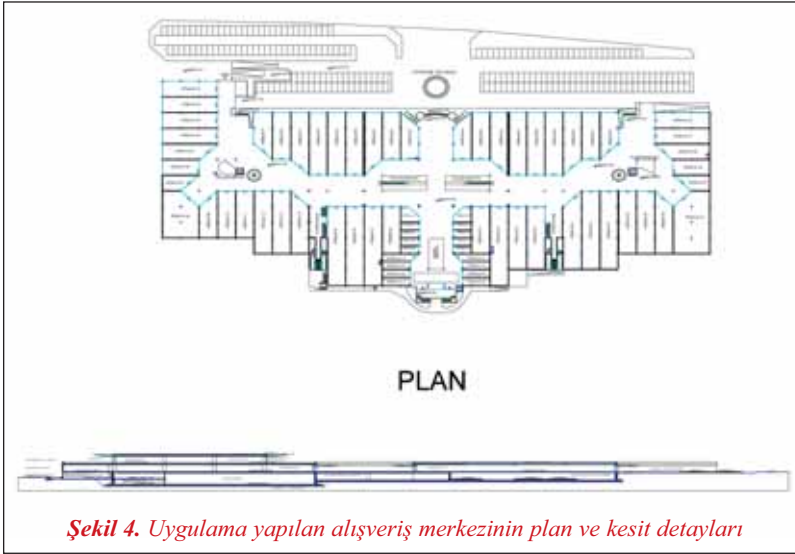
olmasına bağlı olarak brüt hacim başına veya net kullanım alanı başına yapılabilmektedir.

### 3. UYGULAMA

TS 825'e göre yalıtılan ve ısıtma – soğutma yükü hesaplanan alışveriş merkezinin önemli detayları Şekil 4'de, detaylı bilgileri ise Tablo 2'de sunulmuştur. Bina 4 ayrı derece-gün bölgesi için ilk önce yalıtımsız olarak ele alınmış, daha sonra TS 825'e uygun olarak yalıtılmıştır. Çalışmada 1. derece-gün bölgesi olarak Antalya, 2. derece-gün bölgesi olarak İstanbul, 3. derece-gün bölgesi olarak Ankara ve 4. derece-gün bölgesi olarak da Kayseri illeri seçilmiştir.

Tablo 2'den de görüleceği üzere ele alınan alışveriş merkezinin pencere / duvar alanı oranı %60'ın üzerindedir. TS 825'de ısı kaybeden düşey dış yüzeylerin toplam alanının %60'ı ve üzerindeki oranlarda camlama yapılan binalarda pencere sisteminin toplam ısı transfer katsayısının (U) 2,1 W/m<sup>2</sup>K olacak

şekilde tasarlanması ve diğer ısı kaybeden bölümlerin toplam ısı transfer katsayısının ise standartta tavsiye edilen değerlerden %25 daha küçük olmasının sağlanması durumunda standarda uygun olacağı hükmü mevcuttur. Bu hüküm gereğince gerek yalıtımlı gerekse yalıtımsız durumlarda pencere tipi değiştirilmemiş ve toplam ısı transfer katsayısı 2,1 W/m<sup>2</sup>K olarak kabul edilmiş, diğer elemanların yalıtımı yapılırken ise standartta derece-gün bölgelerine bağlı olarak tavsiye edilen toplam ısı transfer katsayılarından %25 daha küçük olacak şekilde yalıtım sağlanmıştır. Yalıtımsız durumda bina elemanlarının kesitinde kullanılan malzemeler, kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları Tablo 3'de sunulmuştur. Farklı derece-gün (DG) bölgelerinde yapı elemanlarına uygulanan yalıtım malzemeleri ve kalınlıkları da Tablo 4'de verilmiştir. Tüm yalıtımda ısı iletim katsayısı 0,030 W/mK olan ekstrüde polistren köpüğü (XPS) tercih edilmiştir.



Şekil 4. Uygulama yapılan alışveriş merkezinin plan ve kesit detayları

Yine Tablo 2'den görülebileceği gibi incelenen alışveriş merkezi mekanik havalandırılmalıdır. Bu durumda havalandırma kayıplarının ve buna bağlı olan yalıtım kalınlıklarının tespiti için havalandırma verilerine ihtiyaç duyulacaktır. Bina için gerekli taze hava miktarları belirlenirken ASHRAE 62.1 [8] standardından yararlanılmış, bodrum ve zemin katta 100 m<sup>2</sup>'de 30 kişi, üst katlar ve yürüme alanlarında 100 m<sup>2</sup>'de 20 kişi olduğu varsayılmış, kişi başına taze hava miktarı 7,8 l/s olarak alınmıştır.

Tablo 2. Uygulama yapılan binaya ait tasarım bilgileri

Binaya Ait Bilgileri	
Brüt hacim	176975,76 m <sup>3</sup>
Net kullanım alanı	56632,24 m <sup>2</sup>
Tavan yüksekliği	>2.6 m
İç sıcaklık	19 °C
Bina tipi	İş ve Hizmet binası
Havalandırma durumu	Mekanik Havalandırma
Pencere / Duvar alanı oranı	%60'dan fazla
Bina durumu	Ayrık Bina (Gölgeleme Faktörü r <sub>i,ay</sub> =0,8)
Camların geçirme durumu	Çok katlı cam (g <sub>i,ay</sub> =0,6)



## Makale

**Tablo 3. Bina elemanlarının kesitinde kullanılan malzemeler, kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları**

Yapı Elemanı	Alan (m <sup>2</sup> )	Malzeme	Kalınlık (cm)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)
Dolgu dış duvar	2663,29	Kireç harcı, kireç çimento harcı	3	1,0
		Yatay delikli tuğla	20	0,45
		Kireç harcı, kireç çimento harcı	3	1,0
Betonarme dış duvar	3426,03	Kireç harcı, kireç çimento harcı	3	1,0
		TS 500' e uygun donatılı beton	25	2,5
		Kireç harcı, kireç çimento harcı	3	1,0
Isıtılmayan ortama bitişik dış duvar	2537,58	Kireç harcı, kireç çimento harcı	2	1,0
		Yatay delikli tuğla	10	0,45
		Kireç harcı, kireç çimento harcı	2	1,0
Toprak temaslı duvar	1643,96	Kireç harcı, kireç çimento harcı	2	1,0
		TS 500' e uygun donatılı beton	30	2,5
		Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,4	0,19
		Yatay delikli tuğla	8,5	0,45
		Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,4	0,19
Üzeri açık tavan	17732,36	Mermer	3	3,5
		Kireç harcı, kireç çimento harcı	3	1,0
		Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,4	0,19
		Çimento harcı	5	1,6
		TS 500' e uygun donatılı beton	18	2,5
Toprak temaslı taban	12873,75	Granit	1	2,8
		Çimento harcı	5	1,6
		TS 500' e uygun donatısız beton	5	1,65
		Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,4	0,19
		TS 500' e uygun donatısız beton	5	1,65
		Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	20	0,70
Isıtılmayan iç ortama bitişik taban	4858,61	Granit	1	2,8
		Çimento harcı	5	1,6
		TS 500' e uygun donatılı beton	15	2,5

**Tablo 4. Farklı derece-gün (DG) bölgelerinde yapı elemanlarına uygulanan yalıtım malzemeleri ve kalınlıkları**

İl	Yapı Elemanı	Uygulanan Yalıtım
<b>ANTALYA</b> (1. DG. Bölgesi)	Duvarlar (Tümü)	5 cm XPS 030
	Üzeri açık tavan	8 cm XPS 030
	Toprak temaslı taban	5 cm XPS 030
	Isıtılmayan iç ortama bitişik taban	5 cm XPS 030
<b>İSTANBUL</b> (2. DG. Bölgesi)	Duvarlar (Tümü)	6 cm XPS 030
	Üzeri açık tavan	9 cm XPS 030
	Toprak temaslı taban	5 cm XPS 030
	Isıtılmayan iç ortama bitişik taban	6 cm XPS 030
<b>ANKARA</b> (3. DG. Bölgesi)	Duvarlar (Tümü)	8 cm XPS 030
	Üzeri açık tavan	13 cm XPS 030
	Toprak temaslı taban	8 cm XPS 030
	Isıtılmayan iç ortama bitişik taban	8 cm XPS 030
<b>KAYSERİ</b> (4. DG. Bölgesi)	Duvarlar (Tümü)	9 cm XPS 030
	Üzeri açık tavan	16 cm XPS 030
	Toprak temaslı taban	9 cm XPS 030
	Isıtılmayan iç ortama bitişik taban	9 cm XPS 030





Alışveriş merkezinde personel soyunma odaları ve mutfak hacimleri hariç tüm hacim pozitif basınçlı projelendirilerek, egzoz miktarı taze hava miktarının %85'i olarak alınmıştır. Mutfak hacimleri için hava değişim sayısı  $15 \text{ h}^{-1}$  olarak alınarak  $15000 \text{ m}^3/\text{h}$  taze hava debisi ihtiyacı tespit edilmiş olup, hacim negatif basınçlı projelendirilerek taze hava miktarı egzoz havasının %90'ı olarak alınmıştır. Bu kabuller doğrultusunda hesaplanan gerekli havalandırma verileri Tablo 5'de verilmiştir. Tabloda mevcut veriler ile elde edilen havalandırma kayıpları da görülmektedir. Bu değer inceleme yapılan tüm şehirler için aynı alınmıştır. Çünkü taze hava miktarı içeride bulunan insan sayısı ve mutfak gibi özel hacimlerin değerlendirilmesi üzerinden hesaplanmıştır.

veriş merkezinin hem yalıtımlı hem de yalıtımsız durumu için ısıtma ve soğutma yükleri sektörde yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Isıtma ve soğutma yükleri hesaplanırken kullanılan dizayn sıcaklıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Hesaplanan ısıtma ve soğutma yüklerine bağlı olarak da cihaz seçimi yapılmıştır. Gerek yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar arasındaki farkın belirgin olması gerekse şehirler arasındaki değişimleri belirlemek için tek bir cihazdan kaç adet kullanılması gerekliliği yaklaşımına gidilmiştir. Bu bağlamda projelendirilmede kullanılan değişken gaz debili (VRF) cihazın katalog değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Bütün bu yalıtım analizlerinden sonra ele alınan alış-

**Tablo 5. Havalandırma verileri**

Havalandırma Verileri	
Dış ortamdan alınan taze hava giriş debisi, $V_s$	149425 $\text{m}^3/\text{h}$
Hava çıkış debisi, $V_E$	144995 $\text{m}^3/\text{h}$
Hacimce hava değişim debisi, $V_f$	149425 $\text{m}^3/\text{h}$
Vantilatörlerin çalıştığı zaman oranı, $\beta$	0,58 (Sistemin günde 14 saat çalıştığı kabulü ile)
50 Pa basınç farkında hava değişim oranı, $n_{50}$	1,5 $\text{h}^{-1}$ (Bina sızdırmazlık durumunun yüksek olduğu kabulü ile)
Bina durum katsayısı, e	0,04 (Şehir merkezlerindeki 10 kattan daha az katlı binalar)
Katsayı, f	20 (Binada birden fazla dış ortama açık yüzey mevcut)
Vantilatörlerin çalışmadığı durumda hava değişim oranı, $n_h$	0,6 (Kabul)
Havalandırma kayıpları, $H_v$	41709,16 W/K

**Tablo 6. Isıtma ve soğutma yükü hesabında kullanılan dizayn ve iklimlendirilen mekân sıcaklık değerleri**

İl	Yaz dizayn sıcaklığı (°C)	Kış dizayn sıcaklığı (°C)	Soğutmada iç mekan sıcaklığı (°C)	Isıtmada iç mekan sıcaklığı (°C)
ANTALYA (1. DG. Bölgesi)	39,0	3,0	24,0	22,0
İSTANBUL (2. DG. Bölgesi)	30,0	-3,3	24,0	22,0
ANKARA (3. DG. Bölgesi)	32,2	-12,7	24,0	22,0
KAYSERİ (4. DG. Bölgesi)	35	-15,0	24,0	22,0







## Makale

**Tablo 7. Projelendirmede kullanılan değişken gaz debili (VRF) cihaz katalog değerleri**

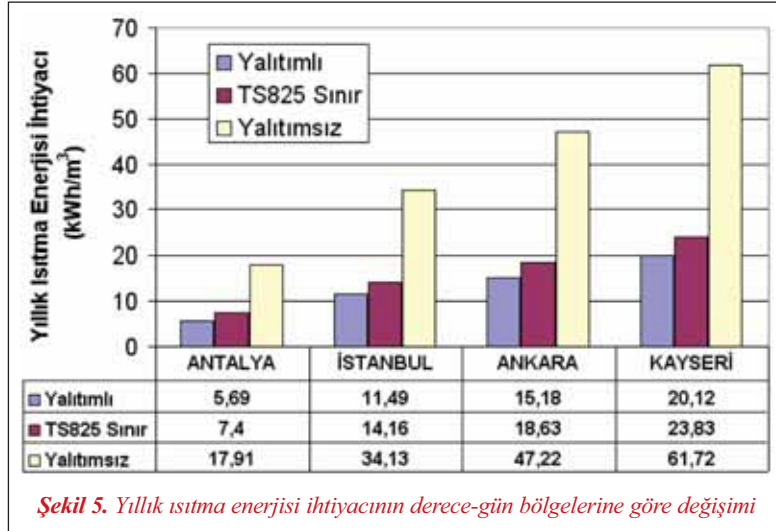
VRF katalog değerleri		
Soğutma Kapasitesi	Duyulur ısı	7,30 kW
	Gizli ısı	1,46kW
	Toplam	8,76 kW
Isıtma Kapasitesi		9,85 kW
COP	Isıtma	3,45 (Antalya 3,0 °C / 22 °C) 3,05 (İstanbul -3,3 °C / 22 °C) 2,60 (Ankara -12,7 °C / 22 °C) 2,49 (Kayseri -15,0 °C / 22 °C)
	Soğutma	3,66 (Antalya 39,0 °C / 24 °C) 4,49 (İstanbul 30,0 °C / 24 °C) 4,72 (Ankara 32,2 °C / 24 °C) 4,16 (Kayseri 35,0 °C / 24 °C)

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

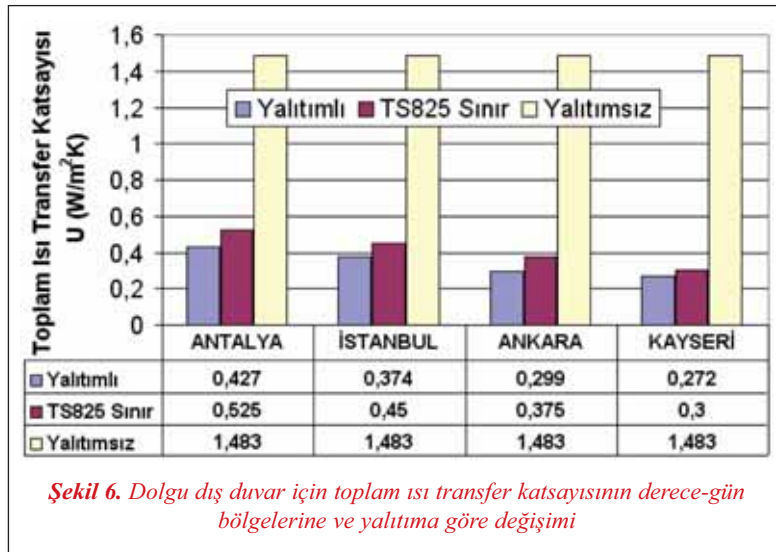
TS 825 analizi sonucu elde edilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının ille-re göre değişimi Şekil 5’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere her 4 derece-gün bölgesi içinde yalıtım sonrası gerekli yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız halin yaklaşık %30’u kadardır. Gerekli yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının yalıtım sonrası TS 825’de önerilen sınır değerlerin altına düştüğü de şekilden görülmektedir.

Alışveriş merkezinde ısı kaybeden düşey dış yüzeylerin toplam alanının %60’ının üzerinde oranlarda camlama söz konusu olduğu için, her bir yapı elemanının toplam ısı transfer katsayısı (U), TS 825’de tavsiye edilen sınır değerlerden %25 daha küçük olacak şekilde yalıtım uygulaması yapılmıştır.

Toplam ısı transfer katsayısının ille-re ve yalıtım durumuna göre değişimi dolgu dış duvarlar için Şekil 6, betonarme dış duvarlar için Şekil 7, üzeri açık tavan için Şekil 8 ve toplam temaslı taban için Şekil 9’da

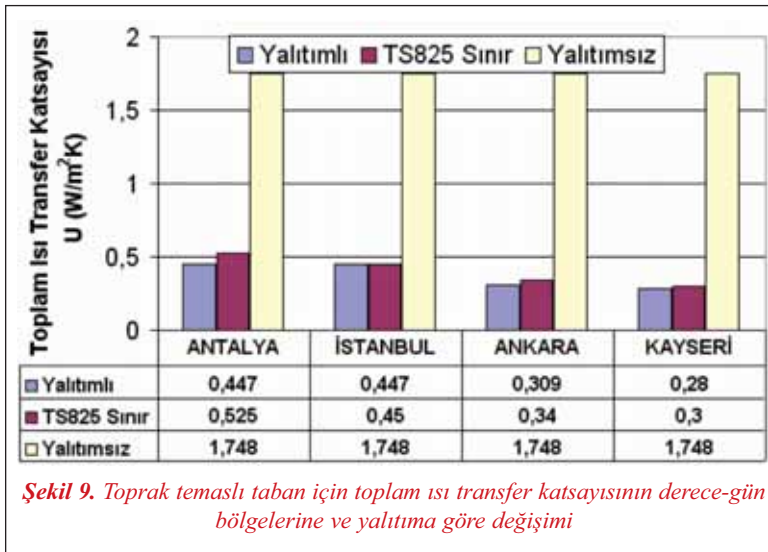
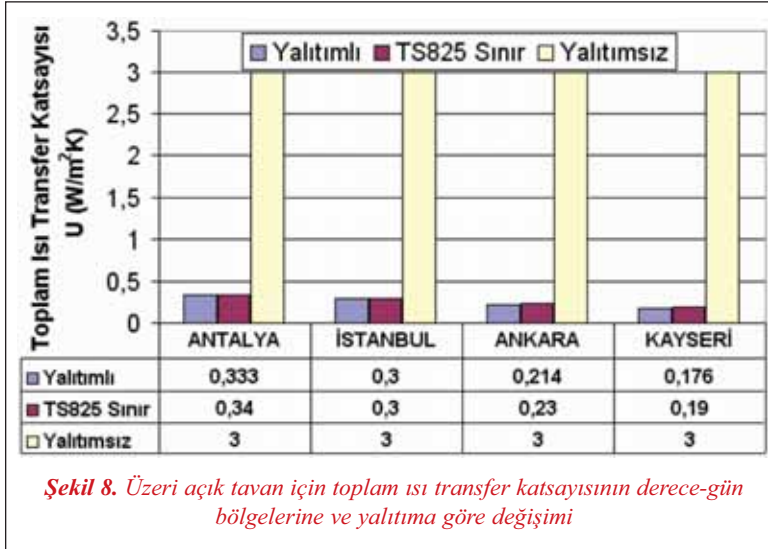
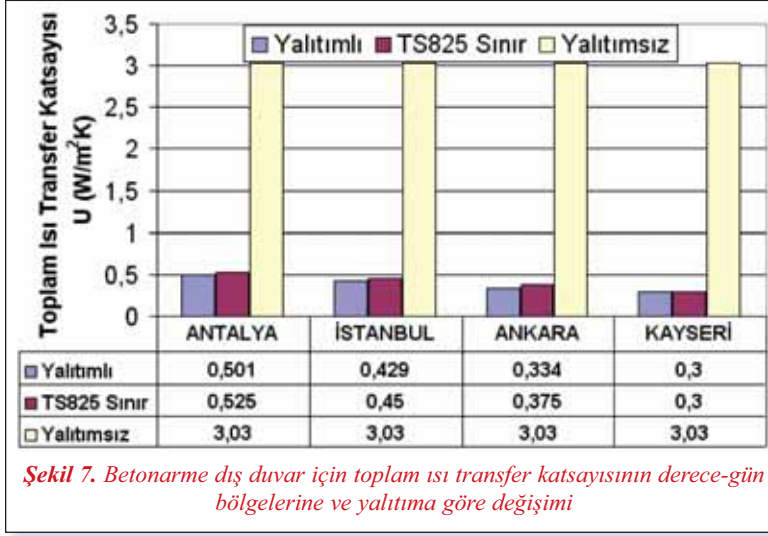


*Şekil 5. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının derece-gün bölgelerine göre değişimi*



*Şekil 6. Dolgu dış duvar için toplam ısı transfer katsayısının derece-gün bölgelerine ve yalıtıma göre değişimi*





verilmiştir. Bu 4 şekilden de görülebileceği üzere yalıtımsız halde toplam ısı transfer katsayıları çok yüksek iken yalıtımla bu değerler TS 825’de tavsiye edilen değerlerden %25 daha küçük olacak şekilde düşürülmüştür. Yalıtımsız durumda özellikle betonarme dış duvarlardan ve üzeri açık tavandan yüksek miktarda ısı kaybının olacağı Şekil 7 ve Şekil 8’den kolaylıkla görülebilmektedir.

Bilindiği üzere TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ standardı ısıtma veya soğutma sisteminin tasarımı için kullanılamaz. Standardın amacı, binayı izin verilen sınırlar içerisinde ısıtma enerjisine ihtiyaç duyacak şekilde yalıtımını sağlamaktır. Ele alınan alışveriş merkezinin TS 825’e uygun yalıtımı sonrasında yalıtımlı ve yalıtımsız hali için gerekli ısıtma yükü ve soğutma yükü hesaplanarak her il için sırasıyla Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir.

Alışveriş merkezinin TS 2164 ‘Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları’ standardına uygun olarak ısı kaybı hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 10’da sunulmuştur. Şekilden de görüleceği üzere yapılan yalıtım ile her 4 derece-gün bölgesinde de ısıtma yükü oldukça azalmış, yalıtımlı durumda yalıtımsız durumun yaklaşık %28-33’ü kadar ısıtma yükü ihtiyacı hesaplanmıştır. Alışveriş merkezinde soğutma ihtiyacı da söz konusu olduğu ve her iki şartlandırmanın da değişken soğutucu debili (VRF) sistemler ile yapılması planlandığından, cihaz seçimleri ısıtma yüklerine göre değil, soğutma yüklerine göre seçilmiştir.



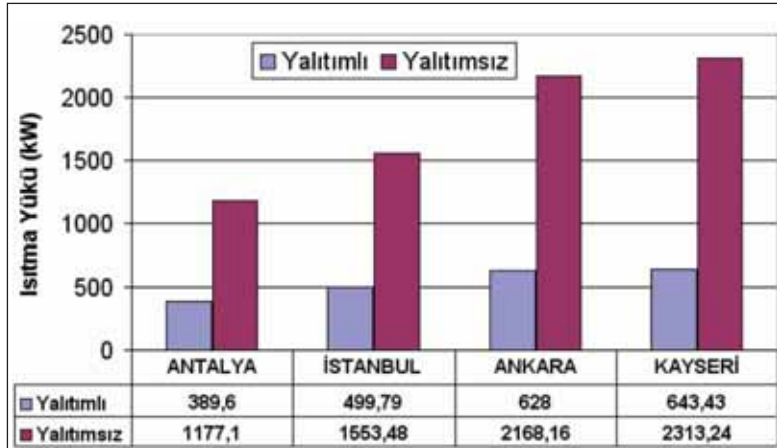
## Makale

Transmisyon ısı kazancı, solar kazançlar ve muhtelif iç ısı kazançlarının toplamı olan toplam soğutma yükü değerinin yalıtımsız ve yalıtımlı hal için 4 derece-gün bölgesi için değişimi de Şekil 11'de sunulmuştur. Yalıtımın transmisyon yüklerini azaltması neticesinde, toplam soğutma yükü yalıtımlı halde yalıtımsız halin yaklaşık %75'i kadar olmaktadır.

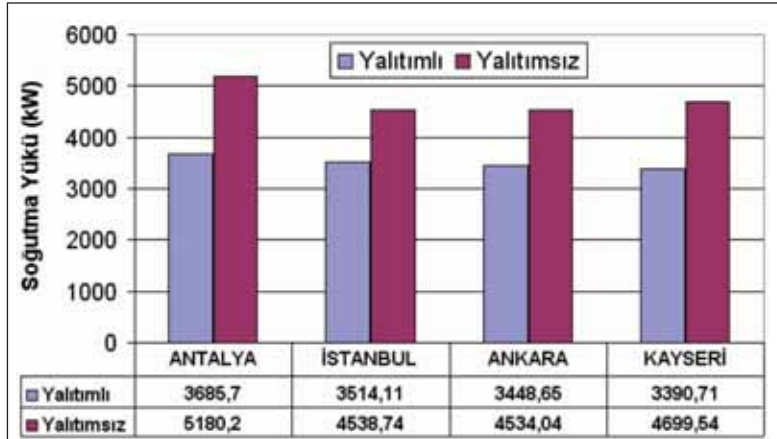
Elde edilen soğutma yüklerine bağlı olarak gerekli olan VRF sayısı da tespit edilmiş ve Şekil 12'de yalıtımlı ve yalıtımsız hal için derece-gün bölgelerine bağlı olarak sunulmuştur. Yapılan yalıtım ile gerekli VRF sayısında yalıtımsız duruma nazaran yaklaşık %26-30 aralığında tasarruf sağlanmaktadır.

Yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar için derece-gün bölgelerine bağlı olarak yalıtım ve VRF cihaz maliyetleri de Tablo 8'de verilmiştir. 1. derece-gün bölgesi olan Antalya için yapılan yalıtım maliyeti, yalıtım sonrası gerekli VRF cihaz sayısındaki azalmadan kaynaklı getirinin altında kalmaktadır. Yani daha bina işletmeye girmeden kâr sağlanmaktadır. Bunun sebebi 1. derece-gün bölgesinde yalıtımsız durumda oluşan yüksek soğutma yükleridir. Diğer derece-gün bölgelerinde VRF cihaz maliyetinden elde edilen getiri yalıtım maliyetlerinin altında kalsa da, işletme sırasında elektrik tüketimindeki azalma ile ilk ödeme kısa sürede amorti edilecektir.

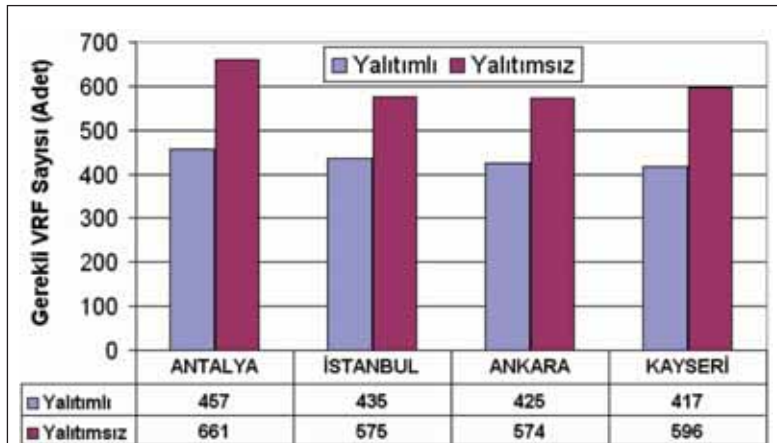
Amortisman sürelerini tam olarak tahmin etmek cihaz elektrik tüketimlerini tahmin etmekteki güçlük sebebiyle oldukça zordur. Yine de



Şekil 10. Yalıtımlı ve yalıtımsız hal için ısıtma yüklerinin derece-gün bölgelerine göre değişimi



Şekil 11. Yalıtımlı ve yalıtımsız hal için soğutma yüklerinin derece-gün bölgelerine göre değişimi



Şekil 12. Yalıtımlı ve yalıtımsız hal için gerekli VRF sayısının derece-gün bölgelerine göre değişimi



Tablo 8. Yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar için derece – gün bölgelerine bağlı olarak yalıtım ve VRF cihaz maliyetleri

Derece – gün Bölgesi	Durum	Yalıtım maliyeti	VRF cihaz maliyeti	Cihazdan elde edilen getiri
ANTALYA	Yalıtımsız	-	4.800.000 TL	
	Yalıtımlı	1.120.000 TL	3.300.000 TL	1.500.000 TL
İSTANBUL	Yalıtımsız	-	4.125.000 TL	
	Yalıtımlı	1.175.000 TL	3.150.000 TL	975.000 TL
ANKARA	Yalıtımsız	-	4.125.000 TL	
	Yalıtımlı	1.400.000 TL	3.075.000 TL	1.050.000 TL
KAYSERİ	Yalıtımsız	-	4.275.000 TL	
	Yalıtımlı	1.500.000 TL	3.000.000 TL	1.275.000 TL

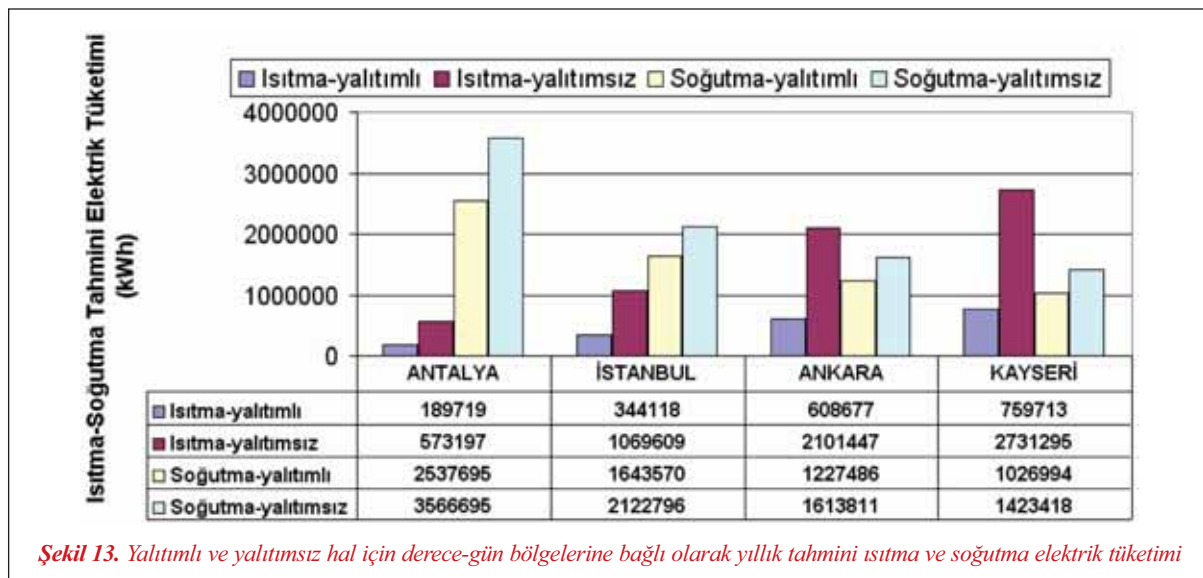
bir yaklaşım olarak Tablo 7’de verilen ortalama COP değerleri üzerinden yıllık ısıtma ve soğutma elektrik tüketimleri tahmin edilebilir. Bu yaklaşım ile elde edilen yalıtımlı ve yalıtımsız hal için derece-gün bölgelerine bağlı olarak yıllık tahmini ısıtma ve soğutma elektrik tüketimi değerleri Şekil 13’de sunulmuştur. Bu hesaplamalar yapılırken ısıtma ve soğutma sisteminin günde 14 saat çalıştığı kabul edilmiş olup, ısıtmada ve soğutmada cihaz COP değeri sırasıyla 4,14 ve 3,91 olarak sabit alınmıştır. Antalya için 4 ay ısıtma, 6 ay soğutma, İstanbul için 5 ay ısıtma, 5 ay soğutma, Ankara için 6 ay ısıtma, 4 ay soğutma ve Kayseri için 7 ay ısıtma, 3 ay soğutma gerekliliği kabulü ile tahminler yapılmıştır. Şekilden de görüleceği üzere gerek ısıtmada gerekse soğutmada yıllık elektrik tüketimleri yapılacak yalıtım ile oldukça düşmektedir. Yapılan yalıtım ile ısıtma elektrik tüketimi

ortalama yaklaşık %70, soğutma elektrik tüketimi ise ortalama yaklaşık %25 azalmaktadır. Bu da yapılacak yalıtımın 1. derece-gün bölgesi dışındaki bölgelerde de çok kısa bir sürede amorti edeceğini göstermektedir.

### SONUÇ

Isıtma ve soğutma amaçlı kullanılan enerjiyi sınırlandırmak binalarda enerji verimliliği için oldukça önemlidir. Bunun için ise öncelikle bina yalıtılmalıdır. Bu çalışmada 4 ayrı derece-gün bölgesi için bir alışveriş merkezinin yalıtımlı ve yalıtımsız durumu için enerji kullanımı hesaplanmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Yapılan yalıtım ile her 4 derece-gün bölgesinde de ısıtma yükü oldukça azalmış, yalıtımlı durumda



Şekil 13. Yalıtımlı ve yalıtımsız hal için derece-gün bölgelerine bağlı olarak yıllık tahmini ısıtma ve soğutma elektrik tüketimi



**Makale**

- yalıtımsız durumun yaklaşık %28-33'ü kadar ısıtma yükü ihtiyacı tespit edilmiştir.
2. Yalıtım ile transmisyon yüklerinin azalması neticesinde, toplam soğutma yükü yalıtımlı halde yalıtımsız halin yaklaşık %75'i kadar olduğu hesaplanmıştır.
  3. Yapılan yalıtım ile gerekli değişken gaz debili (VRF) cihaz sayısında, yalıtımsız duruma nazaran derece-gün bölgesine bağlı olarak yaklaşık %26-30 aralığında tasarruf sağlanabilecektir.
  4. 1. derece-gün bölgesi gibi soğutma yükü yüksek olan bölgelerde yapılacak yalıtım ile gerekli VRF cihaz sayısının azalmasına bağlı olarak elde edilen kazanç ile yalıtımın direkt olarak kendini amorti edebileceği tahmin edilmektedir.
  5. Yapılacak yalıtım ile elektrik tüketiminin ısıtmada yaklaşık %70, soğutmada yaklaşık %25 azalacağı tahmin edilmektedir. Bu da yalıtımın geri ödeme süresini oldukça kısaltacaktır.

**KAYNAKLAR**

- [1] MMO Oda Raporu, "Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği", Yayın No: 475, 2008.
- [2] K.B.S.B. Kazan ve Basınçlı Kap Sanayicileri Birliği Derneği, "Mevzuatımızda Enerji Performansı", 2010.
- [3] MMO Oda Raporu, "Türkiye'nin Enerji Görünümü", Yayın No: 528, 2010.
- [4] MMO Oda Raporu, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları", Yayın No: 479, 2008.
- [5] DİLMAÇ, Ş., KESEN, N., A Comparison of New Turkish Thermal Insulation Standard (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation, Energy and Buildings, 35: 161 – 174, 2003.
- [6] DAĞSÖZ, A.K., BAYRAKTAR, K.G., "Isıtma ve Soğutma Sistemlerinde Isı Yalıtımıyla Sağlanan Kazançlar", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Mart-Nisan, 2001.
- [7] TS 825, "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", 2008.
- [8] ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 2010.

