

TS 825 İKLİMSSEL VERİLERİNİN FARKLI DERECE GÜN BÖLGELERİ İÇİN UYGUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ufuk Teoman AKSOY, Betül BEKTAŞ EKİCİ

Alındı: 19.04.2013; **Son Metin:** 03.10.2013

Anahtar Sözcükler: Güneş ısı kazancı; güneş ışınlı; biçim faktörü; saydamlık oranı; TS 825.

GİRİŞ

Geçmiş yıllarda yaşanan enerji krizleri ile birlikte enerji tüketimi, ülkelerin ekonomik ve endüstriyel seviyelerini gösteren önemli bir faktör olmuştur (Dombaycı, 2009). Binalarda konfor şartlarının sağlanabilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan enerji miktarı hem ülkemiz hem de diğer ülkeler için oldukça yüksek seviyelerdedir (Umaroğulları vd, 2011,13-20; Bektaş Ekici vd, 2012, 211-217). Güneş ışınlı bina enerji hesaplamaları için en önemli çevresel değişkenlerden biridir. Binaların enerji etkin olarak tasarlanabilmesi için yapılaşmanın gerçekleştirileceği bölgenin iklimsel parametrelerinin de (özellikle güneş ışınlı potansiyeli) doğru olarak tespit edilmiş olması önemlidir. Bu masrafsız kaynak doğru bir yönelme ile binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı tüketilen enerji miktarının büyük ölçüde azaltılmasını sağlayacaktır.

Ülkemizde Bina Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP) (2010) ve onun eki olan BEP-Tr binaların enerji ihtiyaçlarının tespit edilmesinde, hesap yapılacak bölgeye ait iklimsel ve coğrafik verilerin kullanımı ile yönlere göre güneş ışınlı şiddetlerinin anlık olarak hesaplanmasını, dış ortam sıcaklık değerlerinin de meteoroloji istasyonları tarafından ölçülen değerler olmasını öngörmektedir. Söz konusu hesaplamaların karmaşık ve zaman alıcı olması nedeniyle 1998 yılında yürürlüğe giren ve halen yürürlükte olan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı (2008) daha fazla rağbet görmektedir. Bu standart, binaların pencerelerinden olan güneş ısı kazançlarının hesaplanmasında, bütün derece gün bölgeleri için yönlere göre aynı güneş ışınlı verisinin yer aldığı EK-C tablosunun kullanımını öngörmektedir. Bunun dışında EK-C tablosunda sadece dört ana yöne ait aylık ortalama saatlik güneş ışınlı değerleri yer almaktadır. Yapı kabuğunda yatay olarak konumlandırılacak pencereler için hesaplamalarda da güney yönü için verilen değerlerin kullanılmasını uygun görmektedir. Yapılan bu varsayımlarda bulunulan bölgenin enlem, yükseklik vb coğrafi konum bilgileri ile yatay düzlem için de yüzey eğim açısı tamamen

göz ardı edilmiştir. Bunun yanı sıra aynı *derece gün bölgesinde* yer alan bütün yerleşim yerleri için ise aynı aylık ortalama dış sıcaklıkların kullanılması söz konusudur. Koçlar Oral ve Akşit (2001), TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'ni irdeledikleri çalışmalarında standardın iklimsel verileri esas alırken meteorolojik analizler yönünden eksik kaldığını ifade etmişlerdir.

Yapıların enerji gereksinimlerinin belirlenmesinde yatay ve düşey yüzeyleri üzerine gelen güneş ışıını büyük öneme sahiptir. Özellikle son yıllarda hız kazanan çok katlı yapılaşma ile birlikte yapı kabuğundaki düşey yüzeyler, yatay (çatı) yüzeylerle karşılaştırıldığında bina ısı dengesi üzerinde çok daha fazla etkili olmaktadır. Binaların ısıtma ve soğutma periyodundaki enerji gereksinimlerini belirleyen ve enerji etkin yapı tasarımında yol gösterici olan düşey yüzeyler üzerine gelen güneş ışıını verisidir.

Ülkemizdeki yerleşim yerlerinin güneş ışıını potansiyelin belirlenebilmesi konusunda pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Ancak yapılan çalışmaların büyük bir bölümü yatay düzlemle sınırlıdır. Bulut ve Büyükalaca (2007), Türkiye'de 68 il için günlük toplam güneş ışıını tahmin edecek basit bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntemin doğruluğunu da her birine ait meteoroloji istasyonlarında ölçülen güneş ışıını değerleriyle test etmişlerdir. Bulut vd (2006), Şanlıurfa iklimsel şartlarında 15°, 30°, 45°, 60° ve 90° eğimli yüzeylere gelen güneş ışıını şiddetlerini kaydederek bu verileri farklı güneş ışıını hesaplama yöntemlerinin başarı değerlendirmesinde kullanmışlardır. Şenkal ve Kuleli (2009), Türkiye'deki 12 adet ilin güneş ışıını potansiyelini tespit edebilmek için bir yapay sinir ağından faydalanmışlardır. Ağın eğitilmesi ve test edilmesi için bu illere ait meteorolojik ve coğrafik bilgileri kullanmışlardır. Bakırcı (2009), Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan 18 il için yalnızca bağıl güneşlenme süresi verisinden yararlanarak yatay düzlemlere ait aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını tahmin etmek için 7 farklı deneysel bağıntı kullanmıştır. Güneş ışıını dünya üzerinde farklı alanlarda gerçekleştirilen pek çok bilimsel çalışmanın da başlıca konusu olmaktadır. Bu önemli verinin doğru olarak tespit edilmesi amacıyla da sayısız çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunlardan bazılarını incelemek gerekirse; Li vd. (2010) güneş ışıını şiddetini tahmin edebilmek için sinüs ve kosinüs dalgaları birleştirdikleri bir trigonometrik model önermişlerdir. Sonuçları Çin'de temsili olarak seçtikleri 9 adet istasyon verisiyle karşılaştırıp yüksek oranda doğruluk elde etmişlerdir. Gul vd. (1998), meteorolojik ışıını modeli ve bulutluluk ışıını modeli adlı iki farklı güneş ışıını tahmin modeli geliştirmişlerdir. Her iki model ile saatlik yatay yüzey toplam, yayılı ve doğrudan ışıını değerlerinin tespit edilebileceğini ancak meteorolojik ışıını modelinin diğerine göre daha yararları olduğunu açıklamışlardır. De la Flor vd. (2005), her türlü kentsel yüzey ve bina içerisindeki doğrudan yayılı ve yansarak *gelen* ışıının hesaplanabilmesi için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntemin binaların ısıtılması, gölgelendirme, binaların soğutulması ve aydınlatma konuları ile ilgili çalışmalarda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Gueymard ve Thevenard (2009), binaların aylık ve aşırı soğutma yüklerinin hesap edilmesinde kullanılabilecek, açık gökyüzü şartlarında yatay düzleme gelen doğrudan ve yayılı ışıının tanımlanmasını esas alan yeni bir model geliştirmişlerdir. Gökyüzü gözlemlerine ait veri kümelerine dayanan bu modelin ASHRAE (1) açık gökyüzü modeline seçenek oluşturmasını amaçlamaktadırlar. Robaa (2009), Mısır'da yatay bir yüzey üzerindeki aylık ortalama toplam güneş ışıını hesaplamak için güneş ışıını tahmin modellerini inceleyerek test etmiştir. 1983-2006 yılları arasında dokuz

farklı istasyon tarafından toplanan verileri kullanarak aylık ortalama güneş ışıınımını, 10 adet güneş ışıınımı tahmin modeline göre hesaplamış ve her birine istatistiksel hata testleri uygulamıştır. Sonuç olarak kendi önerdiği modelin Mısır için daha uygun olduğunu ifade etmiştir. Li ve Lam (2000), özellikle ofis binalarındaki aydınlatma ve gün ışığı denetiminin sağlanması ile soğutma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinin azaltılmasını hedefledikleri çalışmalarında bina düşey yüzeyleri üzerinde *piranometreler* [güneş ışıınımı ölçer] ve *lüksmetreler* [ışık şiddeti ölçer] kullanarak gerçekleştirdikleri dört ana yöne ait güneş ışıınımı ve gün ışığı ölçümelerini açıklamışlardır. Yapılan bu ölçümlerin sonuçlarını kullanarak binalarda aydınlatma ve soğutma enerjisi tasarrufu tahminine yönelik basit bir yöntem öne sürmüşlerdir. Gairaa ve Benkacali (2011), Güney Cezayir Yarımadası'nda 1 Ocak 2005 ve 31 Aralık 2008 tarihleri arasında saatlik toplam ve yayılı güneş ışıınımı şiddetlerini ölçmüşlerdir. Elde ettikleri bu değerleri binaların ısı çevrelerini doğru olarak değerlendirmek ve bina enerji sistemlerinin düzgün tasarlanması açısından saatlik, günlük, aylık ve mevsimlik ısı akısı dağılımlarını belirlemek amacıyla kullanmışlardır. Li vd. (2008), farklı yönlere bakan eğimli yüzeyler üzerine gelen yıllık toplam güneş ışıınımının tahmin edilebilmesi için ölçülen güneşlenme süresine dayalı bir model geliştirmişlerdir. 2004 yılına ait ölçümünü yaptıkları güneş ışıınımı ve güneşlenme süresi verilerini modelin geliştirilmesi için kullanırken, 2005 yılında gerçekleştirdikleri ölçüm sonuçlarını da modelin yeterliği testinde kullanmışlardır. Sonuçlar arasındaki en büyük farkın % 5.2 olduğunu belirtmişlerdir. Padovan ve del Col (2010), İtalya'nın Padova bölgesinde güneş ışıınımının modellenebilmesi için yatay yüzeye ait toplam ve yayılı güneş ışıınımı ile güneşe 20° ve 30°, doğuya 45° ve 65° derece yönlendirilmiş yüzeylere ait toplam güneş ışıınımı şiddetlerinin ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Eğik düzlemlerden aldıkları güneş ışıınımı ölçümlerini bir adet *izotropik* [her yönde aynı] ve üç adet *anizotropik* [farklı yönlerde değişiklik gösteren] yer değiştirme modeli tarafından verilen tahminler ile karşılaştırmışlardır.

Bu çalışma bina düşey yüzeyleri üzerine gelen güneş ışıınımı şiddetlerinin doğru olarak tespit edilebilmesi ve TS 825 EK-C tablosu ve dış sıcaklık verilerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi için gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla farklı enlem dairelerinde bulunan ve bulundukları derece gün bölgelerini temsil edecek dört adet il (Antalya (1. Bölge), İstanbul (2. Bölge), Elazığ (3. Bölge) ve Kayseri (4. Bölge)) seçilmiştir. Bu illere ait uzun yıllar ortalama günlük güneşlenme süresi ve dış sıcaklık değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmada esas alınan sayısal yöntemin değerlendirilmesi amacıyla güneş ışıınımı ölçümleri gerçekleştirilmiş, sonrasında her bir il için MATLAB (2) ortamında hazırlanmış bir bilgisayar programı ile bir yıllık süre için saatlik güneş ışıınımı değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu verilerden yola çıkarak yatay düzlem ve dört ana yöne bakan düşey yüzeyler için aylık ortalama saatlik güneş ışıınımı şiddeti değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar TS 825 EK-C'de aynı yönlerde ait verilen tablo değerleri ile karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen güneş ışıınımı değerleri ve gerçek dış sıcaklık verileri yardımıyla, farklı bina örnekleri için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları yine MATLAB ortamında hesaplanarak TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardının iklimsel veriler açısından kullanılabilirliği tartışılmıştır.

DÜŞEY YÜZEYLER ÜZERİNE GELEN GÜNEŞ IŞINIMININ HESAPLANMASI

Bina yatay ve düşey yüzeyleri üzerine gelen güneş ışınımının tespit edilebilmesi amacıyla konu ile ilgili çalışmalarda sıklıkla kullanılan sayısal bir yöntem kullanılmıştır. I_{ed} , I_{ey} ve I_{ya} sırasıyla yüzey üzerine gelen *doğrudan*, *yayılı* ve *yansıyan güneş ışınımı* olmak üzere eğik bir düzlem üzerine gelen toplam güneş ışınımı (I_t) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Mediavilla vd, 2005, 2075-2092; Gueymard, 2000,285-303; Li vd, 2002, 591-606).

$$I_t = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (1)$$

Güneş ışınımının doğrudan bileşeni ve doğrudan bileşenin hesaplanmasında kullanılan r_d parametresini ifade eden bağıntılar sırasıyla eşitlik 2 ve 3'te verilmiştir.

$$I_{ed} = I_d \cdot r_d \quad (2)$$

$$r_d = \cos\theta \cdot \cos\theta_z^{-1} \quad (3)$$

Burada I_d yatay düzlem üzerine gelen saatlik doğrudan güneş ışınımı (W/m^2), θ ve θ_z ise sırasıyla güneş ışınımının eğik düzleme *geliş* ve *zenit* [güneş ışınlarının yatay düzleme geliş] açılarıdır ($^\circ$). Bu iki açı eşitlik 4 ve 5 yardımıyla hesaplanabilir (Duffie ve Beckmann, 1991).

$$\cos\theta = \cos\theta_z \cos\beta + \sin\theta_z \sin\beta \cos(\gamma_s - \gamma) \quad (4)$$

$$\cos\theta_z = \sin\delta \cdot \sin\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\omega \quad (5)$$

Burada δ *deklınasyon* [güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yapmış olduğu açı], ϕ coğrafi enlem ve ω ise saat açılarıdır ($^\circ$). γ_s ve γ sırasıyla güneş ve yüzey *azimut* [düşey yüzeylerde normalin güneyden yaptığı ve yatay düzlemde ölçülen sapma] açılarıdır ($^\circ$). β ise yatay düzlem ile eğimli yüzey arasındaki yüzey eğim açısıdır ve bu çalışmada düşey yüzeyler için 90° olarak alınmıştır. Güneş *azimut açısı* γ_s aşağıdaki bağıntı yardımıyla elde edilir.

$$\sin\gamma_s = \sin\omega \cos\delta (\sin\theta_z)^{-1} \quad (6)$$

Düşey yüzeyler üzerindeki saatlik yansıyan güneş ışınımı I_{ya} aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada yansımanın izotropik ve doğrudan ve yayılı ışınımın yansımasının da özdeş olduğu varsayılmıştır (Liu ve Jordan, 1962).

$$I_{ya} = 2^{-1} \rho I \sin^2(\beta/2) \quad (7)$$

Burada ρ yerin yansıtma oranı olup bu çalışmada 0.2 olarak alınmıştır (Aksoy ve İnallı, 2006,1742-1754; Notton vd, 2006,147-173). Eşitlikte yer alan I değeri yatay düzlem üzerine gelen toplam güneş ışınımı miktarıdır (W/m^2).

Çalışmada yayılı ışınımın gök kubbe altında her yerde aynı olduğu varsayımı yapılmıştır. I_d yatay düzlem üzerine gelen saatlik doğrudan ışınım olmak üzere, eğik düzlem üzerine gelen toplam yayılı güneş ışınımı

I_{ey} (W/m^2) aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Ma ve Iqbal, 1983).

$$I_{ey} = 2^{-1} I_d (1 + \cos \beta) \quad (8)$$

UYGULAMA ÇALIŞMASI

Sunulan bu çalışmada kullanılan yöntemin uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla öncelikle güneş ışıınımı ölçümüne dayalı deneysel bir uygulama yapılmış, sonrasında ise bilgisayar ortamında sayısal hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Fırat Üniversitesi yerleşkesi içerisinde inşa edilmiş olan bir bina prototipinin yatay ve düşey yüzeyleri üzerinden ölçülen güneş ışıınımı değerleri, 2. bölümde açıklanan hesaplama yönteminin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Her bir derece gün bölgesini temsil için seçilmiş olan illerin yatay ve düşey yüzeylerine ait güneş ışıınımı değerleri sayısal olarak MATLAB ortamına yazılan bir bilgisayar programıyla hesaplanmıştır. Bu verilerden faydalanan aylık ortalama güneş ışıınımı değerleri tespit edilmiştir. Daha sonra TS 825’de açıklanan bina ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama yöntemi kullanılarak farklı bina seçeneklerine ait yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu amaçla TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardında önerilen farklı derece gün bölgelerini temsil edecek 4 adet il seçilmiştir. Seçilen illere ait coğrafi özellikler **Tablo 1**’de verilmiştir. Antalya (1. Bölge), İstanbul (2. Bölge), Elazığ (3. Bölge) ve Kayseri (4. Bölge) illerine ait uzun yıllar (1990-2012 arası) günlük ortalama güneşlenme süresi ve aylık ortalama dış sıcaklık verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.

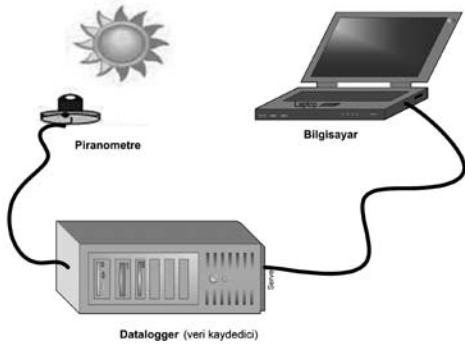
Hesaplama Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçların Gerçek Ölçümler ile Karşılaştırılması

Elazığ iklim şartlarında yatay ve düşey düzlemler üzerine gelen güneş ışıınımı şiddetinin tespit edilmesi amacıyla anlık güneş ışıınımı şiddetlerini ölçen bir sistem kurulmuştur. Güneş ışıınımı şiddetini ölçmek için ApoGee marka silikon piranometreler kullanılmıştır. Bu piranometreler IOtech LogBook/360 model bir veri kaydedicisine bağlanmıştır. Anlık güneş ışıınımı değerlerinin RS-232 kablosu ile bilgisayar ortamına aktarıldığı ölçüm sisteminin şematik görünüşü **Resim 1**’de, ölçümlerin gerçekleştirildiği bina prototipinin iç ve dış görünüşü ise **Resim 2**’de verilmiştir.

Hesaplama yöntemini değerlendirmek için 24 Ekim 2010 tarihinde yatay düzlem ve dört ana yöne ait saatlik ortalama güneş ışıınımı değerleri ile aynı güne ait iklimsel veriler ile hesaplanmış olan sayısal sonuçlar kullanılmıştır. Hesaplanan ve ölçülen güneş ışıınımı değerlerine ait karşılaştırma **Resim 3**’te verilmiştir. Bu şekil genel olarak incelendiğinde doğu ve batı yönündeki farklılıkların dışında diğer yönler için oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Özellikle bina prototipinin yakının da bulunan camlı yüzeylerden kaynaklanan yansılardan dolayı oldukça

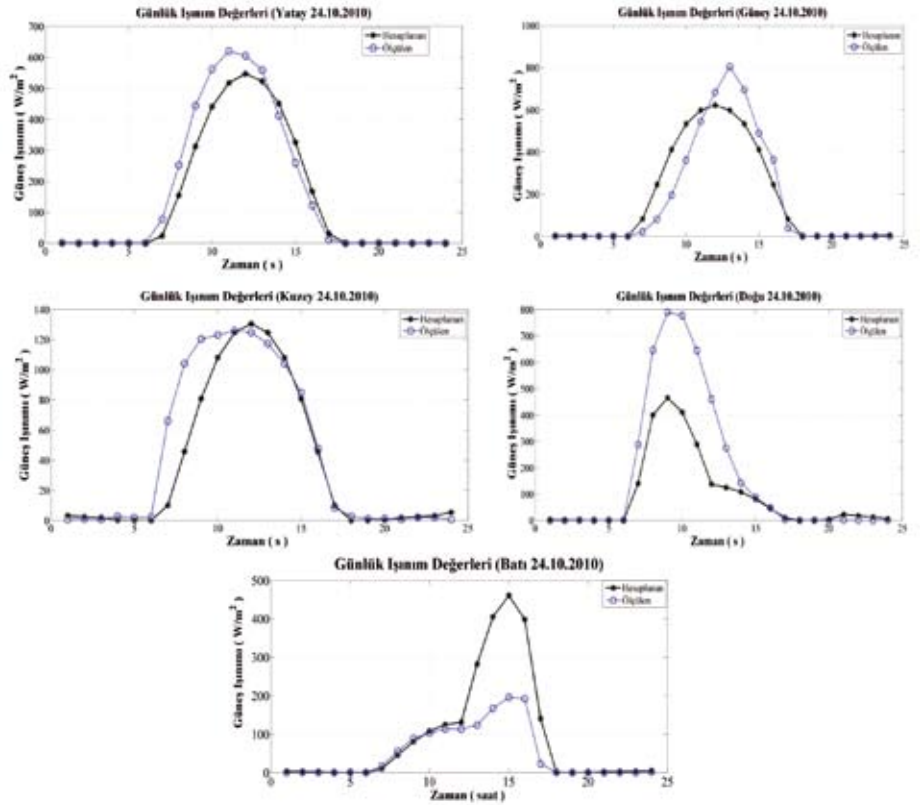
İller	Enlem (°)	Boylam (°)	Yükseklik (m)
Antalya (1. Bölge)	36.54	30.42	43
İstanbul (2. Bölge)	41.01	28.58	30
Elazığ (3. Bölge)	38.41	39.14	1015
Kayseri (4. Bölge)	38.43	35.30	1071

Tablo 1. Farklı derece gün bölgelerinde bulunan illere ait coğrafi özellikler



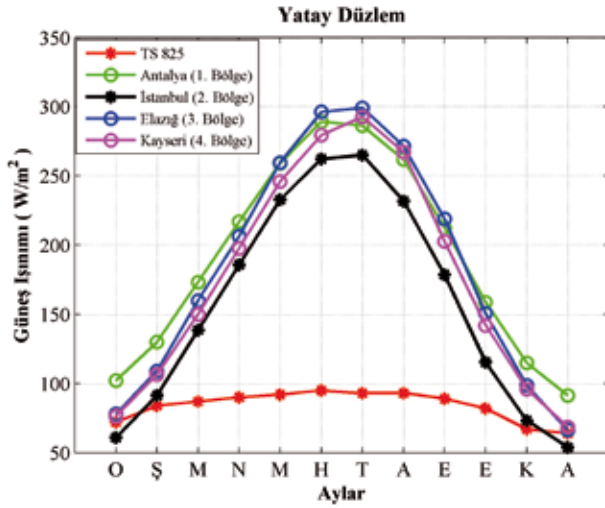
Resim 1. Güneş ışınlamı ölçüm düzeneğinin şematik görünümü

Resim 2. Güneş ışınlamı ölçümleri için kullanılan bina prototipinin iç ve dış görünümü



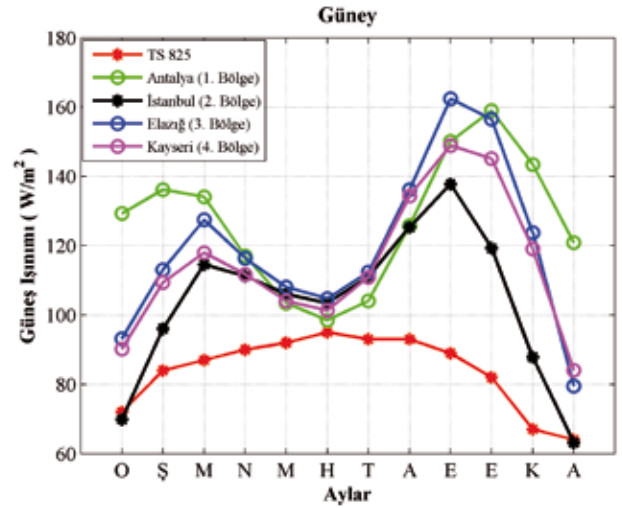
Resim 3. Farklı yönler için ölçülen ve hesaplanan güneş ışınlamı değerlerinin karşılaştırılması

yüksek güneş ışınlamı değerleri ölçülmüş ancak bu yansımaların olduğu saatler dışında hesaplamalarla neredeyse tamamen örtüşen sonuçlar elde edilmiştir. Batı yönünde ise ölçüm yapılan bölgenin batısında yer alan yüksek tepeler nedeniyle güneş ışınlamının öğleden sonra doğrudan alınamamasından dolayı hesaplanan değerlerin altında güneş ışınlamı ölçülmüştür. Çalışmada ölçülen ve hesaplanan güneş ışınlamı arasındaki ilişki R^2 parametresinden yararlanılarak değerlendirilmiştir. Bilindiği gibi R^2 'nin 1'e yaklaşması değerlerin birbiri ile uyumlu olduğunun 0'a yaklaşması ise değerler arasındaki uyumsuzluğun göstergesidir. Silikon piranometrelerin kullanıldığı bu çalışmada hesaplanan ve ölçülen güneş ışınlamı değerlerinin birbirine yatay düzlem için % 96.17, güney için % 88.05, kuzey için % 88.42, doğu için % 94.81 ve batı yönü için de % 87.11 oranlarında yakınsadığı tespit edilmiştir (Bektaş Ekici, 2012).



Resim 4. Yatay düzlemler için hesaplanan güneş ışıması değerleri ile EK-C'de verilen değerlerin karşılaştırılması.

Resim 5. Güney yönü için hesaplanan güneş ışıması değerleri ile EK-C'de verilen değerlerin karşılaştırılması.

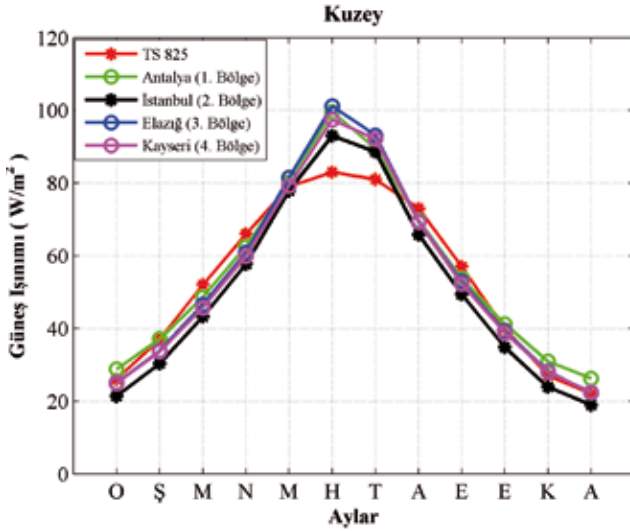


Farklı Derece Gün Bölgeleri için Aylık Ortalama Güneş Işınımı Değerlerinin Tespiti

Dünyanın şekli ve yıl içerisindeki hareketinden dolayı güneş ışınları kış aylarında yerküreye daha eğik açılarla geldiğinden kuzey yarım kürede güney yönüne bakan düşey yüzeyler üzerine gelen güneş ışıması yatay düzlemlerden daha fazladır. Ancak ısıtmanın istendiği bu dönem dışında, güneş ışınları yeryüzüne daha dik açılarla ulaştığından yatay düzlemler diğer bütün düşey yüzeylere göre daha yüksek miktarda güneş ışımasına maruz kalmaktadırlar. Bu yüzden özellikle yaz aylarında çatı yalıtımları soğutma ihtiyacının azaltılması açısından da büyük önem arz eder. TS 825 yatay düzlemlere ait camlamaların güneş ısı kazancı hesaplamalarında güney yönü için tanımlanmış olan güneş ışıması verilerinin kullanılmasını öngörmektedir. Bu nedenle yatay düzlemler için elde edilen aylık ortalama saatlik güneş ışıması şiddeti değerleri, güney cepheler için öngörülen tablo değerleri ile karşılaştırılmıştır.

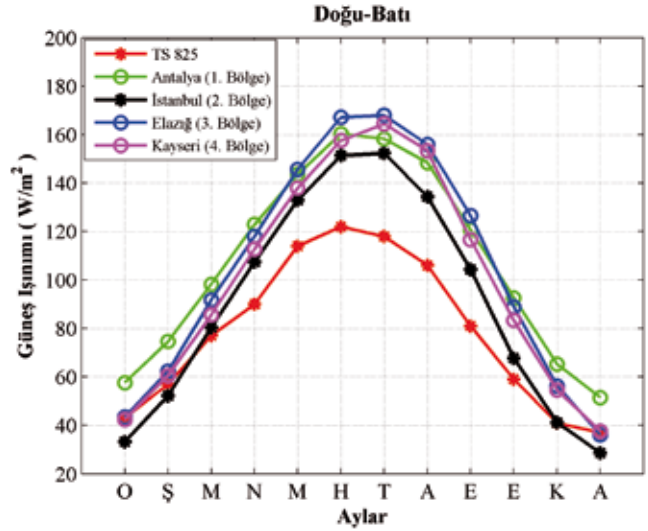
Resim 4'te hesaplanan ve tablo değerlerinin birbirlerine sadece Ocak ve Aralık aylarında yakınsadığı açıkça görülmektedir. Hesaplanan güneş ışıması değerleri ile tablo değerleri arasındaki ilişkiyi sayısal olarak ifade etmek gerekirse; Antalya için yıl içinde % 29.48 ile % 67.16 arasında İstanbul için % 8.05 ile % 64.93 arasında, Elazığ için % 7.68 ile % 68.92 ve Kayseri için ise % 5.75 ile % 68.24 aralığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu kadar yüksek oranlardaki farklılıklar yatay yüzeylerde güney yönü için tanımlanmış olan verilerin kullanımının doğru olamayacağına açık bir göstergesidir. Güneş ısı kazancı hesaplamalarında % 60-70 oranlarındaki hata göz ardı edilemez büyüklüktedir.

Güney yönüne bakan düşey yüzeyler için TS 825 EK-C'de verilen güneş ışıması değerleriyle, farklı iller için bu cepheye ait hesaplanan aylık ortalama güneş ışıması şiddetleri **Resim 5'**te karşılaştırılmıştır. Güney cephelerin güneş ışımasına ait bu şekil incelendiğinde; kış aylarında güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açısına bağlı olarak maksimum değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Yaz aylarında ise güneş ışınlarının yeryüzüne daha dik açılarla gelmesinden dolayı yatay düzlem ile doğu ve batı yönleri yüksek miktarda güneş ışımasına maruz kalırken, güney yönü yıl içerisindeki en düşük değerlerini almaktadır. Resimden de görüleceği üzere EK-C'de güney cephe için önerilen güneş ışıması değerleri dört farklı



Resim 6. Kuzey yönü için hesaplanan güneş ışınlımlı değlerleri ile EK-C'de verilen değlerlerin karşılaştırılması.

Resim 7. Doğu-Batı yönü için hesaplanan güneş ışınlımlı değlerleri ile EK-C'de verilen değlerlerin karşılaştırılması.



derece gün bölgesi için de hesaplanan değlerden oldukça düşüktür. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, 1. bölgeyi temsil eden Antalya ili için bu cepheye ait güneş ışınlımlı değlerinin yıl içinde standartta verilen değlerden %3.56 ile %53.29 arasında değışen oranlarda farklı olduğu görölmektedir. Bu farklılıklar İstanbul için % -1.30 ile %35.41, Elazığ için %9.30 ile %47.59 ve Kayseri için %6.27 ile %43.72 arasındadır. Güney cephe için hesaplanan değler ile standartta önerilen değler Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında yaklaşılsa da yıl geneline bakıldığında bu tablodan yola çıkarak gerçekleştirilecek olan hesaplamaların ciddi hatalara yol açacağı görölmektedir.

Kuzey cepheler ise hem gün hem de yıl içerisinde doğrudan güneş ışınlımlı maruz kalmazlar. Bu yüzeyler güneş ışınlımlı yayılı ve yansıyan bileşenlerinin toplamı düzeyinde güneşten faydalanırlar. Kuzey yönüne ait tablo değleri ile sayısal olarak hesaplanan değler karşılaştırıldığında (**Resim 6**) yaz dönemi dışında hemen hemen aynı değlere ulaştıkları görölmektedir. Antalya için farkın % 0.24 - % 16.66, İstanbul için % -1.43 - % 22.03, Elazığ için % -1.748 - %17.92 ve Kayseri için ise % -3.24 - % 14.83 aralığında değıştiği gözlenmiştir. Burada ifade edilen en yüksek farklılıklar Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarına aittir. Bu nedenle bu aylar haricinde EK-C'nin kullanılmasının bir sakıncası olmamakla birlikte yaz mevsimi için verilerin güncellenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Doğu ve batı yönlerinde yer alan pencere açıklıkları güneş ışınlımlı yerküreye daha eğik geldiği kış döneminde bina güneş ısı kazancı üzerinde önemli bir rol üstlenmezler. Fakat ilkbahar mevsimiyle birlikte güneş ışınlımlı daha dik gelmeye başlaması, bu cephelerin de güneş ısı kazancı üzerindeki etkinliğinin artmasına neden olur. Yaz döneminde ise bu yöndeki pencereler, bina soğutma yükleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadırlar. Doğu ve batı yönleri gün içerisinde genel olarak toplamda aynı miktarda güneş ışınlımlı maruz kalırlar. Bu nedenle bu iki cepheye ait güneş ışınlımlı değlerinin karşılaştırılması **Resim 7**'de birlikte verilmiştir. **Resim 7** incelendiğinde EK-C'de verilen aylık ortalama güneş ışınlımlı değlerinin bütün derece gün bölgeleri için gerçek güneş ışınlımlı potansiyelinden daha az olduğu anlaşılmaktadır. Bu oranda bir farklılık özellikle soğutma yükünün önemli seviyelerde olacağı Mayıs-Ekim ayları

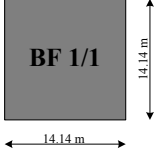
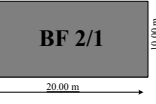
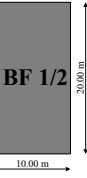
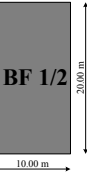
arasındaki dönemde tasarımcı ve mühendisler için büyük yanılgılara sebep olacaktır. Sonuçları somutlaştırmak gerekirse; Antalya için hesaplanan güneş ışıınımı ile tablo değerleri yıl içerisinde % 20.60 - % 37.19, İstanbul için % 0.54 ile % -29.26, Elazığ için % 1.09 ile % 35.99 ve Kayseri için % -1.25 ile % 30.89 arasındaki oranlarda farklılıkların olduğu ortaya çıkmıştır.

TS 825 EK-C değerleri ile uzun yıllar günlük güneşlenme süresi ortalamalarına dayalı olarak hesaplanan güneş ışıınımı potansiyeli arasındaki en yüksek farkların yatay düzlem, güney ve batı yönünde olduğu gözlemlenmiştir. Bu yönler de bina ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacına doğrudan etki ettiğinden, tablo kullanımı ile gerçekleştirilecek hesaplamaların gerçek durumdan farklı sonuçlara yol açacağı açıktır.

Tablo 2. Hesaplamalarda kullanılan uzun yıllar ortalama ve TS 825'te verilen dış sıcaklık değerleri

Aylar	1.Bölge ANTALYA		2.Bölge İSTANBUL		3. Bölge ELAZIĞ		4. Bölge KAYSERİ	
	U.Y.O	TS 825	U.Y.O	TS 825	U.Y.O	TS 825	U.Y.O	TS 825
Ocak	9.51	8.4	6.31	2.9	-0.51	-0.3	-1.41	-5.4
Şubat	10.12	9.0	6.29	4.4	0.74	0.1	-0.11	-4.7
Mart	12.44	11.6	8.19	7.3	6.32	4.1	5.42	0.3
Nisan	15.79	15.8	12.37	12.8	11.83	10.1	10.63	7.9
Mayıs	20.64	21.2	17.14	18.0	17.01	14.4	15.12	12.8
Haziran	25.66	26.3	22	22.5	23.00	18.5	19.53	17.3
Temmuz	28.59	28.7	24.53	24.9	27.43	21.7	23.19	21.4
Ağustos	28.30	27.6	24.61	24.3	26.85	21.2	22.80	21.1
Eylül	24.58	23.5	20.47	19.9	21.09	17.2	17.77	16.5
Ekim	20.18	18.5	16.18	14.1	14.59	11.6	12.31	10.3
Kasım	14.50	13.0	11.66	8.5	6.81	5.6	5.19	3.1
Aralık	11.03	9.3	8.26	3.8	1.99	1.3	0.66	-2.8
U.Y.O: Uzun yıllar ortalaması								

Tablo3. Bina örneklerin ait özellikler

	Saydamlık Oranı 1/1								
	%10 (20 m²)	%15 (30 m²)	% 20 (40 m²)	% 25 (50m²)	%30 (60m²)	%35 (70 m²)	%40 (80m²)	%45 (90m²)	% 50 (100m²)
	G: 5	G: 7.5	G: 10	G: 12.5	G: 15	G: 17.5	G: 20	G: 22.5	G: 25
	K: 5	K: 7.5	K: 10	K: 12.5	K: 15	K: 17.5	K: 20	K: 22.5	K: 25
	D: 5	D: 7.5	D: 10	D: 12.5	D: 15	D: 17.5	D: 20	D: 22.5	D: 25
	Saydamlık Oranı 2/1								
	%10 (20 m²)	%15 (30 m²)	% 20 (40 m²)	% 25 (50m²)	%30 (60m²)	%35 (70 m²)	%40 (80m²)	%45 (90m²)	% 50 (100m²)
	G: 6.66	G:10	G:13.33	G: 16.66	G:20	G: 23.33	G: 26.66	G: 30	G: 33.33
	K: 6.66	K:10	K:13.33	K: 16.66	K: 20	K: 23.33	K: 26.66	K: 30	K:33.33
	D: 3.34	D:5	D:6.67	D: 8.34	D: 10	D: 11.67	D: 13.34	D: 15	D: 16.67
	Saydamlık Oranı 1/2								
	%10 (20 m²)	%15 (30 m²)	% 20 (40 m²)	% 25 (50m²)	%30 (60m²)	%35 (70 m²)	%40 (80m²)	%45 (90m²)	% 50 (100m²)
	G: 3.34	G:5	G:6.67	G:8.34	G:10	G: 11.67	G: 13.34	G: 15	G: 16.67
	K: 3.34	K:5	K:6.67	K:8.34	K: 10	K: 11.67	K: 13.34	K: 15	K:16.67
	D: 6.66	D:10	D:13.33	D:16.66	D: 20	D: 23.33	D: 26.66	D: 30	D: 33.33
	Saydamlık Oranı 1/2								
	%10 (20 m²)	%15 (30 m²)	% 20 (40 m²)	% 25 (50m²)	%30 (60m²)	%35 (70 m²)	%40 (80m²)	%45 (90m²)	% 50 (100m²)
	G: 3.34	G:5	G:6.67	G:8.34	G:10	G: 11.67	G: 13.34	G: 15	G: 16.67
	K: 3.34	K:5	K:6.67	K:8.34	K: 10	K: 11.67	K: 13.34	K: 15	K:16.67
	D: 6.66	D:10	D:13.33	D:16.66	D: 20	D: 23.33	D: 26.66	D: 30	D: 33.33

Farklı Bina Örnekleri için Isıtma Enerjisi İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Farklı biçim faktörlerine sahip BF 1/1, BF 1/2 ve BF 2/1 binalarının taban alanlarının aynı olduğu (200 m^2) ve her bir bina örneğine ait dokuz farklı saydamlık oranının da bina taban alanının % 10, % 15, % 20, % 25, % 30, % 35, % 40, % 45 ve % 50'si olduğu varsayılmıştır. Bina örneklerine ait yıllık ısıtma ihtiyaçlarının hesaplanmasında TS 825'de önerilen hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Her bir derece gün bölgesini temsil eden ile ait hesaplamalarda hem TS 825'de verilen ısıtım ve dış sıcaklık değerleri, hem de o ilin uzun yıllar aylık ortalama dış sıcaklık değerleri ve hesaplanan güneş ısıtım değeri kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan aylık ortalama dış sıcaklıklar **Tablo 2'**de bina örneklerine ait özellikler **Tablo 3'**de verilmiştir. Bina ısıtma enerjisi ihtiyaçları MATLAB ortamında hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bina örneklerinin ayrı ve az katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgelerinde konumlandığı, ağaçlardan veya çevre binalardan kaynaklanan gölgelemeye maruz kalmadığı düşünülmüştür. Her bir bina örneğinin 4.00 m yüksekliğe sahip olduğu, bina dış yüzeylerinde ise ısı denetim (low-e) kaplamalı çift camlı pencere kullanıldığı varsayımı yapılmıştır. Bina örneklerine ait hesaplamalarda kullanılan parametreler **Tablo 4'**te verilmiştir.

Farklı biçim faktörü ve saydamlık oranlarına sahip bina örnekleri için yapılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları hem TS 825 hem de illere ait uzun yıllar ortalama iklimsel verileri ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Antalya, İstanbul, Elazığ ve Kayseri illeri için sırasıyla **Resim 8-11'**de verilmiştir. Resimlerde her bir bina örneğine ait özgül ısı kaybı (W/K), güneş enerjisi kazancı (W) ve yıllık toplam ısıtma enerjisi ihtiyaçları ($kWh/yıl$) ayrıca ifade edilmiştir.

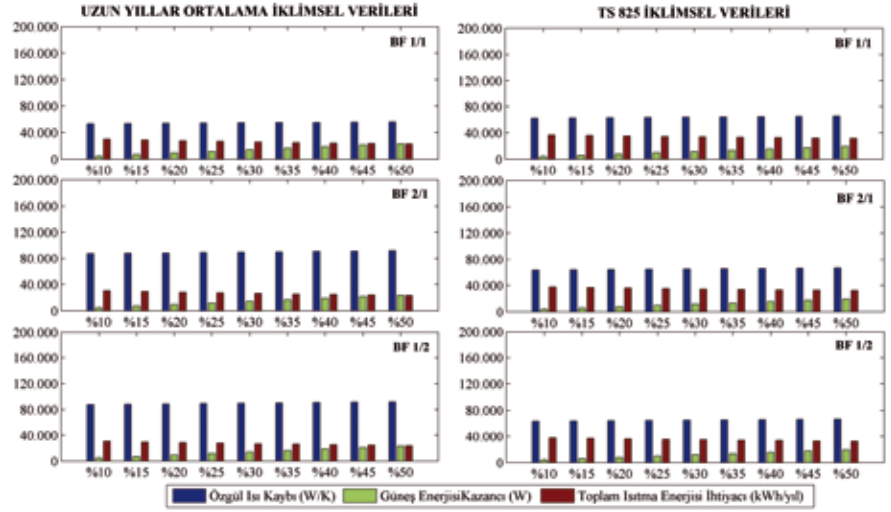
Birinci ve ikinci derece gün bölgelerini temsil eden Antalya ve İstanbul için gerçekleştirilen hesaplamalarda en düşük enerji ihtiyaçları toplam dış yüzey alanı en küçük olan BF 1/1 bina örneklerinde elde edilmiştir. Saydamlık oranının %10'dan %50'ye artması durumunda binaların ısı iletimi yoluyla olan ısı kayıplarının artmasına rağmen, saydam yüzeylerden olan güneş ısı kazanımlarına bağlı olarak toplam ısıtma enerjisi ihtiyaçlarında bir azalma gözlemlenmiştir. Isıtma enerjisi ihtiyaçları sıralandığında BF 1/1 bina örneklerinden sonra güney yönünde daha fazla pencere alanına sahip olan BF 2/1 biçim faktörüne sahip bina örnekleri gelmektedir. En yüksek ısıtma enerjisi ihtiyaçları ise BF 1/2'e ait örneklerde tespit edilmiştir.

Antalya ilinde bulunduğu varsayılan bina örnekleri için bu ile ait gerçek iklimsel verilerin kullanıldığı durumda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları saydamlık oranına bağlı olarak 22905 kWh ile 29883 kWh arasındayken,

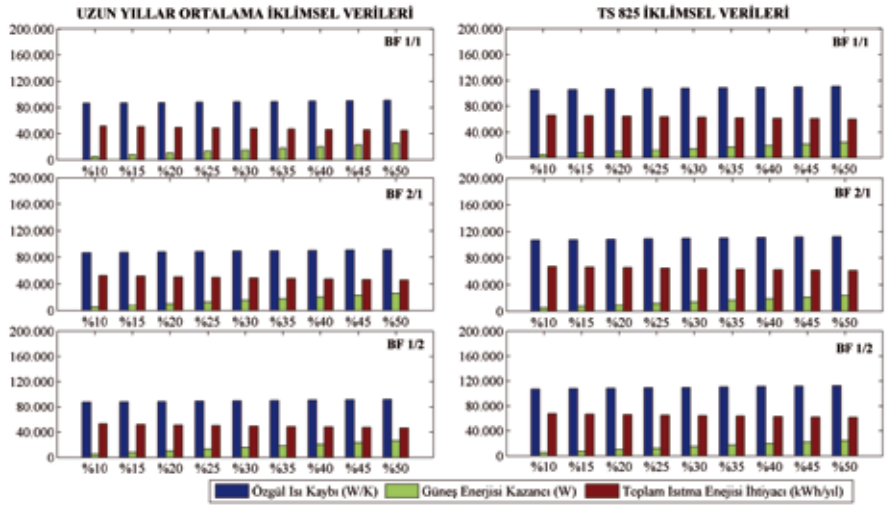
Parametre	Kalınlık (m)	Değer
Dış siva	0.03	0.872 W/mK
Yatay delikli tuğla duvar	0.19	0.465 W/mK
İç siva	0.02	0.698 W/mK
R_i (İç ortam ısı taşınım katsayısı)	-	0.13 W/m ² K
R_o (Dış ortam ısı taşınım katsayısı)	-	0.04 W/m ² K
R_c (Çatı arası ortamı ısı taşınım k)	-	0.08 W/m ² K
R_t (Bodrum kat ısı taşınım k.)	-	0.17 W/m ² K
$U_{pencere}$	-	2.4 W/m ² K

Tablo 4. Hesaplarda Kullanılan Parametreler

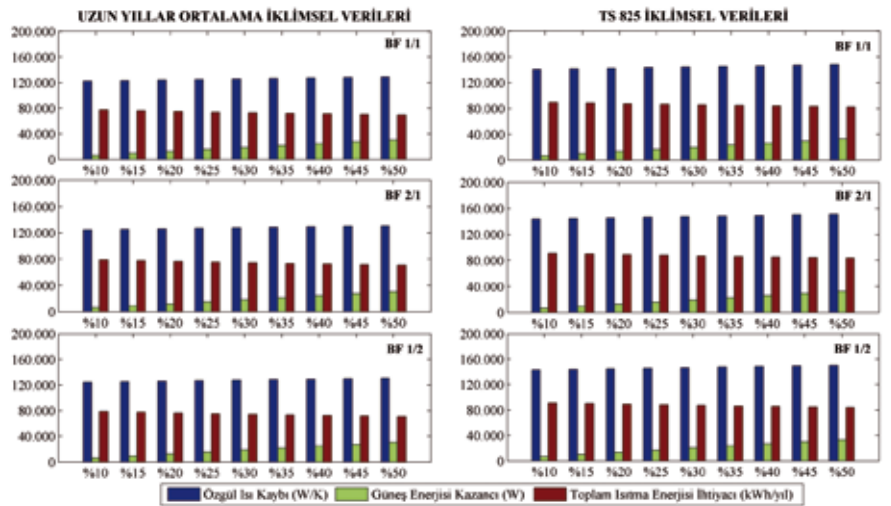
Resim 8. Antalya İli Farklı Biçim Faktörü ve Saydamlık Oranları İçin Hesaplanan Özgül Isı Kaybı, Güneş Enerjisi Kazancı ve Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları



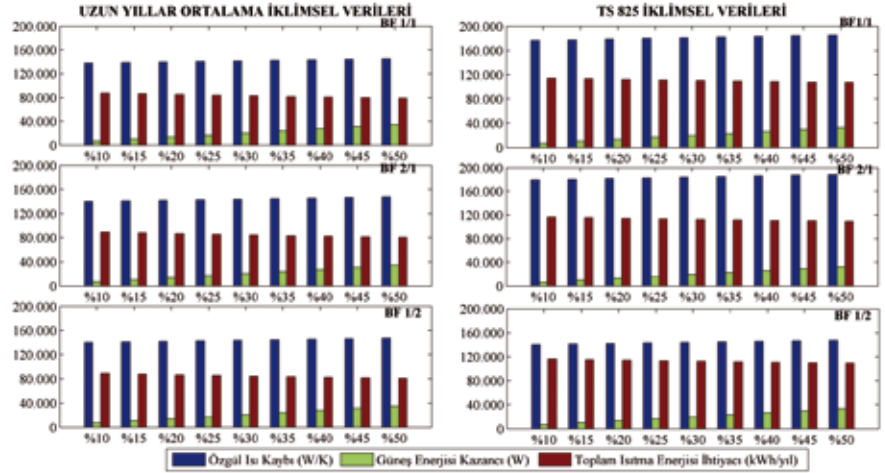
Resim 9. İstanbul İli Farklı Biçim Faktörü ve Saydamlık Oranları İçin Özgül Isı Kaybı, Güneş Enerjisi Kazancı ve Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları



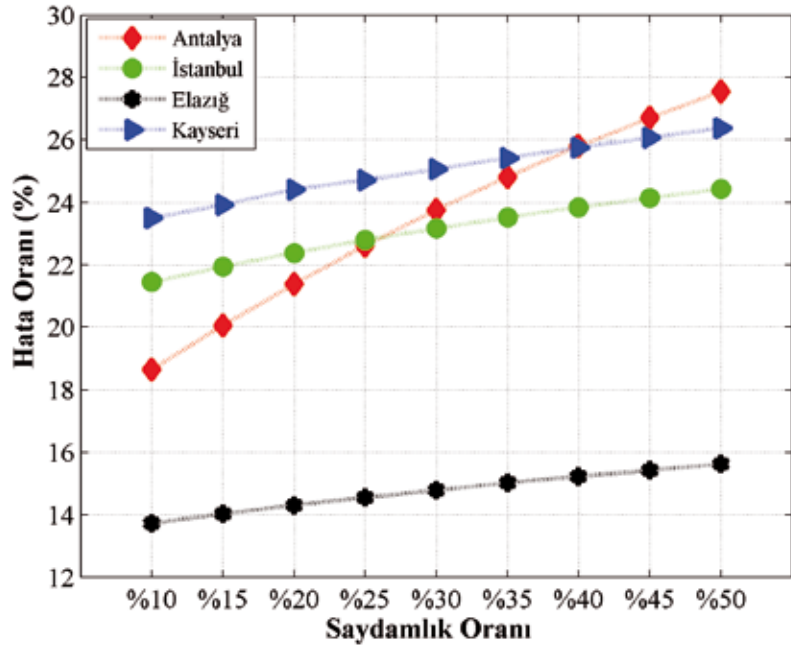
Resim 10. Elazığ İli Farklı Biçim Faktörü ve Saydamlık Oranları İçin Hesaplanan Özgül Isı Kaybı, Güneş Enerjisi Kazancı ve Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları



Resim 11. Kayseri İli Farklı Biçim Faktörü ve Saydamlık Oranları İçin Hesaplanan Özgül Isı Kaybı, Güneş Enerjisi Kazancı ve Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları



Resim 12. Farklı iller için TS 825 iklimsel verileri ile gerçekleştirilen ısıtma enerjisi ihtiyaçlarına ait ortalama hata oranlarının saydamlık oranına göre değişimi



TS 825 verilerinin kullanılması ile bu değerler 31659 kWh ile 36754 kWh arasında değişmektedir. İstanbul için hesaplanan güneş ışıınımı değerleri ve **Tablo 2'**deki aylık ortalama dış sıcaklıklar kullanılarak elde edilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları farklı biçim faktörü ve saydamlık oranları için 45255kWh ile 51804 kWh arasında farklı değerler alırken, TS 825 verileri ile 59910 kWh ile 65964 kWh arasında değişmektedir.

Elazığ ve Kayseri illerinde oldukları varsayılan bina örnekleri için yapılan hesaplamalarda yerleşim yerlerine ait gerçek iklimsel verilerin kullanıldığı durumda bina enerji ihtiyaçları biçim faktörüne göre $BF\ 1/1 < BF\ 2/1 < BF\ 1/2$ şeklinde sıralanmaktadır. Bina dış yüzey alanı ve güney yönünde yer alan pencere alanlarına bağlı olarak bu sıralama olması gerektiği gibidir. Ancak TS 825 iklimsel verileri ile bu sıralama $BF\ 1/1 < BF\ 1/2 < BF\ 2/1$ olmaktadır. Elazığ için TS 825'e bağlı olarak hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyaçları 82327 kWh ile 89461 kWh arasında iken gerçek veriler ile 69453 kWh ile

77183 kWh aralığında kalmaktadır. Kayseri’de konumlandığı varsayılan bina örneklerine ait ısıtma enerjisi ihtiyaçları TS 825 ve gerçek ortalamalar için sırasıyla 107390 kWh - 114440 kWh ve 79010 kWh - 87523 kWh aralıklarında olmaktadır.

Karşılaştırmalı grafiklerden de anlaşılacağı üzere TS 825’in farklı derece gün bölgeleri için vermiş olduğu iklim verileri ile gerçek verilerden yola çıkılarak elde edilen sonuçlar arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Her bir bina örneği ve il için hata oranları **Resim 12**’de verilmiştir. Antalya için bina biçim faktörü ve saydamlık oranlarına bağlı olarak hata oranları %18.69 ile %27.65 arasında değişmektedir. Bu hata aralığı, İstanbul, Elazığ ve Kayseri ileri için sırasıyla %21.46-%24.44, %13.73-%15.63 ve % 23.52-%26.42 olmaktadır. Bu durum, hiçbir derece gün bölgesi için göz ardı edilebilecek seviyede değildir. Bina enerji maliyetleri, seçilecek ısıtma sistemi ve yakıt türü açısından da önemli hatalara yol açacak düzeydedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardında pencerelerden olan güneş ısı kazancının hesaplanmasında faydalanılan EK-C tablosunun ve aylık ortalama dış sıcaklık değerlerinin farklı derece gün bölgeleri için uygunluğu değerlendirilmiştir. Derece gün bölgelerini temsilen Antalya (1. Bölge), İstanbul (2. bölge), Elazığ (3. Bölge) ve Kayseri (4.Bölge) seçilmiştir. Her bir yerleşim bölgesi için standartta önerilen ve gerçek iklimsel veriler ile, üç farklı biçim faktörü (BF 1/1, BF 2/1 ve BF 1/2) ve 9 farklı saydamlık oranına (%10, %15, %20, %25, %30, %35, %40, %45 ve %50) sahip bina örneği için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları sayısal olarak MATLAB ortamında hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan günlük güneşlenme süresi ve dış sıcaklık değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden alınmıştır. Gerçekleştirilen çalışmadan aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Yerleşim yerlerine ait coğrafi faktörleri göz ardı ederek farklı enlemlerde ve yüksekliklerde yer alan iller için aynı değerleri öngören TS 825 Ek-C tablosunun kuzey yönü dışında diğer yönler için kullanılması ile hesaplamalarda yanlışlıklar söz konusu olacaktır. Özellikle yatay yüzeylerdeki camlamalar için güney yönüne ait değerlerin kullanılması ile yapılacak uygulamalarda yaz aylarındaki aşırı ısınmalar kullanıcılar açısından büyük sıkıntılara sebebiyet verecektir.
- Yapılan hesaplamaların sonuçları incelendiğinde EK-C tablosunda önerilen değerlerin yatay yüzeyler için hesaplanan değerlerden bölgelere ve aylara göre değişkenlik göstermekle birlikte %5.75 -%68.92 farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu fark güney yönü için %1.30 -%53.29, kuzey için % 0.245- %22.032 ve doğu-batı yönleri için de % 1.49 - %37.19 arasındadır.
- Farklı biçim faktörlerine ait ısıtma enerjisi ihtiyaçları dikkate alındığında BF 1/1<BF 2/1< BF 1/2 şeklinde bir sıralamanın olduğu görülmektedir.
- Binalarda saydamlık oranının % 10’dan %50’ye doğru artması ile bütün derece gün bölgelerinde iletim yolu ile olan ısı kayıpları artmasına rağmen güneş ısı kazançlarına bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının azaldığı tespit edilmiştir.
- TS 825 tarafından verilen iklimsel veriler ile elde edilen yıllık ısıtma

enerjisi ihtiyaçları, gerçek iklimsel veriler ile hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyaçlarından % 13.73 ile % 27.65 arasında farklı oranlarda daha fazladır.

Sonuç olarak bina enerji ihtiyacı hesaplamalarında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında önerilen iklimsel veriler seçilen illerin hiçbirini için uygun olmamakla birlikte oldukça yüksek oranda hatalara neden olmuştur. Bu verilerin kullanılması ile yapılacak çalışma ve uygulamalarda büyük yanlışlara düşülecektir. Bu nedenle Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'nin önermiş olduğu hesap yapılacak bölgeye ait iklimsel ve coğrafik verilerin kullanımı yaygınlaştırılarak teşvik edilmeli veya aylık ortalama dış sıcaklık değerleri ve aylık ortalama güneş ışıınımı değerlerinin bulunduğu Ek-C tablosu gözden geçirilmeli ve düzeltilmelidir.

SİMGELER KISALTMALAR

I :	Yatay düzlem üzerine gelen toplam güneş ışıınımı (W/m^2)
I_t :	Eğik düzlem üzerine gelen toplam güneş ışıınımı (W/m^2)
I_d :	Yatay düzlem üzerine gelen doğrudan güneş ışıınımı (W/m^2)
I_{ed} :	Eğik düzlem üzerine gelen doğrudan güneş ışıınımı (W/m^2)
I_{ev} :	Eğik düzlem üzerine gelen yayılı güneş ışıınımı (W/m^2)
I_{ya} :	Eğik düzlem üzerine gelen yansıyan güneş ışıınımı (W/m^2)
r_d :	Eğik düzlem üzerine gelen doğrudan güneş ışıınımının yatay düzlem üzerine gelen doğrudan ışıınıma oranı
θ :	Güneş ışıınımı geliş açısı ($^\circ$)
θ_z :	Zenit açısı ($^\circ$)
δ :	Deklinasyon açısı ($^\circ$)
ϕ :	Enlem açısı ($^\circ$)
ω :	Saat açısı ($^\circ$)
β :	Yüzey eğim açısı ($^\circ$)
ρ :	Yerin yansıtma oranı
γ :	Yüzey azimut açısı ($^\circ$)
γ_s :	Güneş azimut açısı ($^\circ$)
BF:	Bişim faktörü

TEŞEKKÜR

FÜBAP (Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri) birimine 1799 no.lu doktora projesi kapsamında maddi destek sağladıkları için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- AKSOY, U.T., INALLI, M. (2006) Impacts of Some Building Passive Design Parameters on Heating Demand for a Cold Region, *Building and Environment* (41) 1742-54.
- BAKIRCI, K. (2009) Correlations for Estimation of Daily Global Solar Radiation with Hours of Bright Sunshine in Turkey, *Energy* (34) 485-501.
- BEKTAŞ EKİCİ, B. (2012) *Binalarda Güneş Isısı Kazanç Faktörü ve Yüzey Sıcaklıklarının Saydam ve Opak Yüzey Tasarımına Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- BEKTAŞ EKİCİ, B., AYTAÇ GÜLTEN, A., AKSOY, U.T. (2012) A Study on

- the Optimum Insulation Thicknesses of Various Types of External Walls with Respect to Different Materials, Fuels and Climate Zones in Turkey, *Applied Energy* (92) 211-7.
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Resmi Gazete no:27075, 01/04/2010.
- BULUT, H., BÜYÜKALACA, O. (2007) Simple Model for the Generation of Daily Global Solar-Radiation Data in Turkey, *Applied Energy* (84) 477-91.
- BULUT, H., DURMAZ, A.F., YEŞİLATA, B. (2006) Eğik Yüzeye Gelen Güneş Işınımı Değerlerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Eskişehir, UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 143-9.
- DOMBAYCI, Ö.A. (2009) Degree-Days Maps of Turkey for Various Base Temperatures, *Energy*, (34) 1808-12.
- DUFFIE, J.A., BECKMANN, W.A. (1991) *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2nd ed. New York: John Wiley & sons Inc.
- GAIRAA, K. and BENKACIALI, S. (2011) Analysis of Solar Radiation Measurements at Ghardaïa Area, South Algeria, *Energy Procedia*, (6) 123-130.
- GUEYMARD, C. (2000) Predicting and Performance Assessment of Mean Hourly Global Solar Radiation", *Solar Energy*, (68) 285-303.
- GUEYMARD, C.A. and THEVENARD, D. (2009) Monthly Average Clear-Sky Broadband Irradiance Database for Worldwide Solar Heat Gain and Building Cooling Load Calculations, *Solar Energy* (83) 1998-2018.
- GUL, M.S., MUNEER, T. and KAMBEZIDIS, H.D. (1998) Models for Obtaining Solar Radiation From Other Meteorological Data, *Solar Energy* (64) 99-108.
- KOÇLAR ORAL, G. AKŞİT, Ş.F. (2001) TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliğinin Konutlarda Isı Korunumu Açısından Değerlendirilmesi, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi*, Eskişehir.
- LIU, B.H.Y., JORDAN, R.C. (1962) Daily Insolation on Surfaces Tilted Towards the Equator, *Transactions of ASHRAE* (67), 526-41.
- LI, D.H.W. and LAM, J.C. (2000) Measurements of Solar Radiation and Illuminance on Vertical Surfaces and Daylighting Implications, *Renewable Energy* (20) 389-404.
- LI, D.H.W., LAM, J.C., LAU, C.C.S. (2002) A New Approach for Predicting Vertical Global Solar Irradiance, *Renewable Energy* (25) 591-606.
- LI, D.H.W., LAM, T.N.T. and CHU, V.W.C. (2008) Relationship Between the Total Solar Radiation on Tilted Surfaces and the Sunshine Hours in Hong Kong, *Solar Energy* (82) 1220-8.
- LI, H., MA, W., LIAN, Y. and WANG, X. (2010) Estimating Daily Global Solar Radiation by Day of Year in China, *Applied Energy* (87) 3011-7.
- MA, C.C.Y., IQBAL, M. (1983) Statistical Comparison of Models for Estimating Solar Radiation on Inclined Surfaces, *Solar Energy* (31) 313-7.
- MEDIAVILLA, M.D., MIGUEL, A.D., BILBAO, J. (2005) Measurement and Comparison of Diffuse Solar Irradiance Models on Inclined Surfaces in Valladolid (Spain), *Energy Conversion and Management* (46) 2075-2092.

- NOTTON, G., CRISTOFARI, C., POGGI, P. (2006) Performance Evaluation of Various Hourly Slope Irradiation Models Using Mediterranean Experimental Data of Ajaccio, *Energy Conversion and Management* (47) 147-73.
- PADOVAN, A., DEL COL, D. (2010) Measurement and Modeling of Solar Irradiance Components on Horizontal and Tilted Planes, *Solar Energy* (84) 2068-2084.
- ROBAA, S.M.,(2009) Validation of the Existing Models for Estimating Global Solar Radiation Over Egypt, *Energy Conversion and Management* (50) 184-93.
- ŞENKAL, O., KULELİ, T. (2009) Estimation of Solar Radiation Over Turkey Using Artificial Neural Network and Satellite Data, *Applied Energy* (86) 1222-8.
- TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008.
- UMAROĞULLARI, F., ZORER GEDİK, G., MIHLAYANLAR, E., (2011) Periyodik Rejimde Yalıtımlı ve Yalıtımsız Betonarme Duvarlarda Yoğuşma Denetimi: Edirne Örneği, *Megaron Dergisi* (6) 13-20.

Received: 19.04.2013; Final Text: 03.10.2013

Keywords: Solar heat gain; solar radiation; form factor; transparency ratio; TS 825.

EVALUATION OF THE APPROPRIATENESS OF THE CLIMATIC DATA OF TS 825 FOR DIFFERENT DEGREE DAY REGIONS

Solar radiation is an important parameter which is used in building energy simulations especially in solar heat gain calculations of windows. Although the climatic parameters are considered comprehensively in Building Energy Performance Regulations and its appendix BEP-TR calculation method, TS 825 Thermal Insulation Requirements for Buildings is still in effect and proposes the usage of the same solar radiation data in different climatic regions. In this study the solar radiations of vertical surfaces were calculated numerically for sample cities from each of the degree day regions according to TS 825 (Antalya (1st region), Istanbul (2nd region), Elazığ (3rd region) and Kayseri (4th region)). The annual heating energy requirements of buildings having three different form factors and nine different transparency ratios were calculated with the calculated solar radiation and long-term monthly average outdoor temperature values obtained from Turkish State Meteorological Service for four different cities. The obtained energy requirements were compared with annual heating energy requirements of the same building samples calculated with the climatic data given by TS 825 and the appropriateness of the standard for different degree day regions was evaluated.

UFUK TEOMAN AKSOY; B.Arch, MSc, PhD,

Graduated from Anadolu University Faculty of Architecture, Department of Architecture (1993); received Master Degree (1996) and PhD (2002) at Construction Education Department of Fırat University. He works as Assoc. Prof. Dr. in the Department of Civil Engineering of Technology Faculty at Fırat University. He is interested in insulation applications, building orientation and building physics. taksoy@firat.edu.tr

BETÜL BEKTAŞ EKİCİ; B.Arch, MSc, PhD,

Graduated from Erciyes University Faculty of Architecture, Department of Architecture (2003); received Master Degree (2005) and PhD (2012) at Construction Education Department of Fırat University. She works as Research Assistant in the Department of Construction Education at Fırat University. Her interests covers energy efficient buildings, building physics, artificial intelligence techniques. betulbektas80@gmail.com

