

KONUT DIŞI BİNALARIN YILLIK ENERJİ İHTİYAÇLARININ İNCELENMESİ

Nurdil ESKİN

ÖZET

Dünyada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı, iş veya konut amaçlı yaşam alanları içindeki konfor şartlarının sağlanması için kullanılmaktadır. Türkiye’de harcanan enerji miktarının üçte birinin ise konut dışı binalar, bilhassa ofis amaçlı binalar için harcandığı ve iklimlendirme sistemleri ile donanımlı binaların bu grup içinde önemli bir yekûn tuttuğu bilinmektedir.

Sunulan bu çalışmada, farklı ortam koşulları ve bina özelliklerinin, binaların yıllık enerji yükleri üzerindeki etkisi irdelenmektedir. Geliştirilen bir simülasyon programı vasıtasıyla yapılan inceleme sonucunda, bina özelliklerinin, bina konumunun, binanın bulunduğu iklim bölgesinin, yıllık ısıtma ve soğutma yükleri enerji sarfiyatı üzerindeki etkisi irdelenmekte ve sonuçlar her iklim bölgesi için ayrı ayrı sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ofis binaları, konut dışı binalar, enerji ihtiyacı, Türkiye, Soğutma yükü, ısıtma yükü

ABSTRACT

A great amount of world energy demand is connected to the built environment. Electricity use in the commercial buildings, accounts for about one-third of the total energy consumption in Turkey and fully air-conditioned office buildings are important commercial electricity end-users since the mid-1990s. In the presented paper, the interactions between different conditions, control strategies and heating / cooling loads in office buildings in the four major climatic zones in Turkey- hot summer and cold winter, mild, hot summer and warm winter, hot and humid summer and warm winter - through building energy simulation program has been evaluated. This verified model was used as a means to examine some energy conservation opportunities on annual cooling, heating and total building load at four major cities which were selected as a representative of the four climatic regions in Turkey. The effect of the parameters like the climatic conditions (location), insulation and thermal mass, color of external surfaces, shading and window systems including glazing system on annual building energy requirements is examined and the results are presented for each city.

Key Words: Office Building, Energy Requirement, EnergyPlus, Turkey, Cooling Load, Heating Load

1. GİRİŞ

Dünyada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı, iş veya konut amaçlı yaşam alanları içindeki konfor şartlarının sağlanması için kullanılmaktadır. Dünyada bina şartlandırılması için harcanan enerji aynı zamanda büyük miktarda CO₂ emisyonlarının atmosfere verilmesine de sebep olmakta ve bu durum toplam enerji kullanımının azaltılması ve mevcut enerji kullanımlarının ise daha verimli olan yollarla kullanımı gereğini beraberinde getirmektedir.

Türkiye’de harcanan enerji miktarının üçte birinin ise konut dışı binalarda, özellikle ofis amaçlı binalar için harcadığı ve iklimlendirme sistemleri ile donanımlı binaların bu grup içinde önemli bir yekûn tuttuğu bilinmektedir [1].

Bu nedenle binalarda mahal ısıtması ve soğutmasında kullanılan enerjinin azaltılmasında rol oynayacak tasarruf yöntemlerinin belirlenmesi, bilhassa enerjinin verimli kullanımı açısından önemlidir. Bu konuda yapılacak çalışmalar binaların işletme stratejilerinin belirlenmesinde ve enerji tasarrufu sağlayan tasarımların yapılabilmesi açısından yol gösterici olacaktır. Detaylı bina simülasyonları yapmayı mümkün kılan modelleme teknikleri ve bilgisayar yazılımları vasıtasıyla, binaya, tasarımı yapılan sistemlere ve çevre koşullarına ait değişkenlerin toplam enerji sarfiyatına olan etkileri irdelenebilmekte ve bu yolla bina ve sistemler detaylı olarak incelenebilmektedir [2].

Sunulan bu çalışmada, farklı ortam koşulları ve bina özelliklerinin, binaların yıllık enerji yükleri üzerindeki etkisi irdelenmektedir. Geliştirilen bir model ve kullanılan EnergyPlus [3] yazılımı vasıtasıyla yapılan inceleme sonucunda, bina özelliklerinin, bina konumunun, binanın bulunduğu iklim bölgesinin, yıllık ısıtma ve soğutma yükleri ve toplam enerji sarfiyatı üzerindeki etkisi irdelenmekte ve sonuçlar her iklim bölgesi için ayrı ayrı sunulmaktadır. Bu çalışmanın ve elde edilen çıktıların mimarlar, bina yöneticileri ve iklimlendirme – ısıtma konusunda çalışan tasarımcılara enerji kullanımı ile bina ve çevre özelliklerinin etkileşimi konusunda fikir vermesi ve yararlı olması hedeflenmektedir.

2. OFİS BİNALARININ ENERJİ SİMÜLASYONU

Sunulan bu çalışma, bir VAV tipi HVAC sistemi ile şartlandırılan bir ofis binasının tanımını, seçilmiş örnek şehirlerin tespitini, meteorolojik verilerin geliştirilmesini ve bina enerji benzetimlerinin EnergyPlus programını kullanarak geliştirilmesini içermektedir.

Çalışmada, ofis amacıyla kullanılan 12 normal kat + 4 garaj katı olan, pencere/duvar oranı 0,40 ve 17670 m² toplam alana sahip bir bina ele alınmıştır. Binanın yıl içinde 300 gün süre ile 8-20 saatleri arasında 12 saat boyunca kullanıldığı ve hâlihazırda Türkiye’de geçerli Deprem şartnamesine göre yapıldığı [4] kabul edilmiştir. Binanın duvar ve pencere verileri ve kalınlıkları esas alınarak hesaplarda kullanılan toplam ısı geçiş katsayıları sırasıyla dış duvarlar için U=2,86 W/m²K, iç duvarlar için U=3,11 W/m²K ve pencereleri için U=5,82 W/m²K değerindedir. Binanın her mahalline ait saatlik ısıtma ve soğutma yükleri, EnergyPlus yazılımı ile hesaplanmıştır.

EnergyPlus binaların ısı yüklerini enerji dengesi (Energy Balance) yöntemi ile hesaplamaktadır. Bu metoda göre, binanın mimari planına uygun olarak bütün iç ve dış yüzeylerin ısı dengesi, seçilen her zaman adımında iletim, taşınım ve ışınım ile olan ısı geçişleri, güneş enerjisinden olan kazançlar dikkate alınarak hesaplanmaktadır; anlık soğutma ve/veya ısıtma yükleri bulunmaktadır. Bu simülasyon programı, hesaplarda kullanılan binaya ve ortama ait termo-fiziksel özelliklerin sıcaklık ve ortam nem oranlarına göre etkileşimi ve zamanla değişimine izin verdiği için, diğer hesaplama yöntemlerinden daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Çalışma Türkiye’nin farklı iklim bölgeleri için yapılmıştır. Binaların ısı tasarımı açısından, Türkiye’de beş büyük iklim bölgesi- soğuk, sıcak yaz ve soğuk kış, ılıman, sıcak yaz ve ılıman kış ve sıcak ve nemli yaz ve ılıman kış bölgeleri- vardır. Bir HVAC sistemi içeren ofis binalarının sık olarak görüldüğü veya gelecekte bu tip binaların rastlanması olası olan bölgeler düşünülerek; İç Anadolu bölgesinde (sıcak yaz, soğuk kış) yer alan Ankara (39 57’K ve 32 53’D), Marmara bölgesinde (ılıman) yer alan İstanbul (41 17’K ve 28 11’D), Ege bölgesinde (sıcak yaz ve ılıman kış) yer alan İzmir (38 24’K ve 27 10’D) ve Akdeniz bölgesinde (sıcak, nemli yaz ve ılıman kış) yer alan Antalya (36 53’K ve 30 42’D) olmak üzere dört büyük şehir çalışmada ele alınmıştır.

Binaların tasarımı ve enerji kullanım miktarlarının analizi için kullanılacak meteorolojik verilerin, 30 seneden az olmamak kaydı ile tutulan meteorolojik dış ortam verileri kullanılarak elde edilen tipik meteorolojik veri değerlerinin güvenilir olacağı kabul edilmektedir [5, 6]. Bu nedenle çalışmada binaların ısı tasarımı ve tesis edilecek HVAC sistemlerini etkileyen, dış ve iç ortam değişkenleri, iklim verileri

belirlenmiştir. Bu değişkenler kuru ve yaş termometre sıcaklığı, rüzgâr hızı ve yönü, yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımıdır. İklimle ilgili değişkenler, çalışmada ele alınan dört şehre ait Devlet Meteoroloji Enstitüsüne bağlı ölçüm istasyonlarında alınan verilere dayanmaktadır [7]. Kıyaslamalı çalışmalar ve uzun süreli bina enerji tahminleri için, genellikle uzun yıllar ortalamalarına dayanan ve uzun yıllardaki meteorolojik verileri esas alarak geliştirilmiş yıllık veriler kullanılır. Bu çalışmada kullanılan hesaplamalarda, her bir şehir için tipik meteorolojik yıl geliştirilmiştir [7, 8].

3. BİNALARIN ENERJİ YÜKLERİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER

Geliştirilen konut dışı binalara ait enerji simülasyon modeli ile enerji kullanımını etkileyecek bazı pasif tasarruf yöntemleri irdelenmiştir. Bu yöntemler binanın dış kabuğuna yalıtım uygulamak, dış duvarların renklerini değiştirmek, cam tiplerini ve pencere boyutlarını değiştirmek, gölgeleme elemanları olarak sıralanabilir.

3.1 Yalıtımın Etkisi

Duvarların ısı davranışını analiz ederken, temel örnek ofis binasının dış duvarlarına ext. polystiren (EPS) ısı yalıtım malzemesi eklenerek farklı seviyede ısı dirençler elde edilmiştir. Yalıtım kalınlığı, maksimum kalınlık olan 75 mm'ye kadar 25 mm adımlarla artırılmıştır. Maksimum kalınlık Türkiye'de uygulanan güncel uygulamalara göre tesbit edilmiştir [9,10]. Yalıtımın etkisini irdeleyebilmek amacıyla yalıtım binanın dış kabuğunda duvarın iç yüzeyine (W11) ya da dış yüzeyine (W12) yerleştirilerek farklı iki hal için enerji yükleri hesaplanmıştır.

Simülasyon sonuçlarından bir yıllık enerji ihtiyaçları ele alındığında, İstanbul ve Ankara için ısıtma döneminin, İzmir ve Antalya için ise soğutma döneminin etkin olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle ısıtma yükleri en fazla İstanbul ve Ankara'daki duvarların tasarımından etkilenmektedir. Ilıman iklim bölgesinde (İstanbul), dış duvarların iç kısmına yerleştirilen 75 mm yalıtım kalınlığı, ihtiyaç duyulan yıllık soğutma yükünde %19,67, ısıtma yükünde ise % 34,4 tasarruf sağlamaktadır.

Çalışmada yer alan bütün iklim bölgeleri için, ısıtma ve soğutma enerji yükleri ile toplam yıllık enerji miktarları açısından, yalıtım kalınlığına bağlı olarak sağlanabilecek enerji tasarruf miktarları sırasıyla Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Maksimum soğutma yükleri göz önüne alındığında, simülasyon sonuçları dış duvara yerleştirilen 75 mm yalıtım kalınlığı ile Antalya'da %29,2, İzmir'de %25,43, İstanbul'da %18, Ankara'da %19,02'lik bir azalma sağlandığını göstermiştir. Bu sonuçlar İstanbul'daki bir konutun Temmuz ve Ocak aylarındaki yükleri için Tavil [11] tarafından bulunan sonuçlarla uyusmaktadır.

Dış duvarların her iki yüzünün de yalıtımla kaplanması binanın yıllık tüketiminde tasarruf sağlanmasına rağmen, maksimum ısıtma ve soğutma enerji miktarları düşünüldüğünde, yalıtımın iç yüzeyde olması halinde enerji miktarlarındaki azalmanın daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, beton zeminlerin, iç kısma yerleştirilen ve ısı köprü oluşturan ısı yalıtım katmalarını engellemesidir ve bu da maksimum yükleri etkilemektedir.

Binaların yıllık ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçları yalıtımı daha kalın yaparak azaltılmaktadır ve yıllık enerjide ısı yalıtımının konumu ne olursa olsun her zaman tasarruf sağlanmaktadır. Ancak simülasyon sonuçları göstermiştir ki, tasarruf edilen miktar yalıtım kalınlığındaki artışla doğru orantılı değildir ve yalıtım kalınlığındaki artış tasarruf edilen miktardaki artışı azaltmaktadır.

Tablo 1. Yalıtım Kalınlığının Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji İhtiyacındaki Azalmaya Etkisi (%).

Yalıtım Kalınlığı (mm)	İstanbul				Ankara			
	Yıllık Soğutma		Yıllık Isıtma		Yıllık Soğutma		Yıllık Isıtma	
	WI1	WI2	WI1	WI2	WI1	WI2	WI1	WI2
25	15.81	14.53	31.23	28.30	16.28	14.71	32.64	31.92
50	18.38	17.0	33.33	30.49	18.93	17.21	34.41	34.30
75	19.67	17.95	34.38	31.59	19.87	18.17	35.93	35.03

Tablo 2. Yalıtım Kalınlığının Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji İhtiyacındaki Azalmaya Etkisi (%).

Yalıtım Kalınlığı(mm)	İzmir				Antalya			
	Yıllık Soğutma		Yıllık Isıtma		Yıllık Soğutma		Yıllık Isıtma	
	WI1	WI2	WI1	WI2	WI1	WI2	WI1	WI2
25	16.59	14.81	24.36	24.04	16.82	14.33	24.69	23.26
50	19.29	18.73	26.00	25.66	19.55	18.12	26.35	24.83
75	21.06	20.04	26.82	26.47	21.35	19.39	27.19	25.61

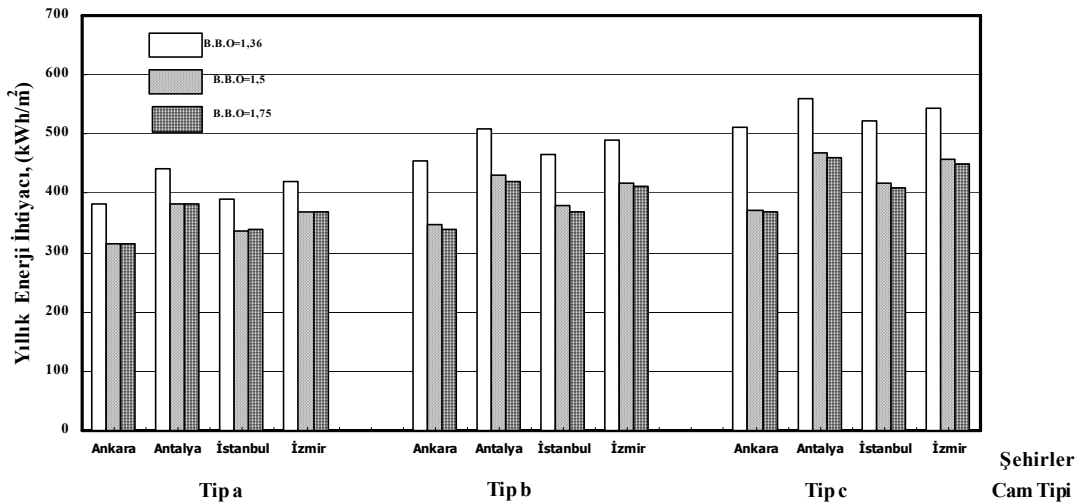
Tablo 3. Yalıtım Kalınlığının Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerji İhtiyacındaki Azalmaya Etkisi (%).

Yalıtım Kalınlığı (mm)	İstanbul		Ankara		İzmir		Antalya	
	Yıllık %	Yıllık %	Yıllık %	Yıllık %	Yıllık %	Yıllık %	Yıllık %	
	WI1	WI2	WI1	WI2	WI1	WI2	WI1	WI2
25	23.50	21.40	26.40	25.36	19.17	17.87	19.43	17.29
50	25.83	23.73	28.51	27.79	21.52	21.03	21.80	20.34
75	27.0	24.76	29.81	28.61	22.97	22.17	23.29	21.45

3.2. Pencere Tasarımının Etkisi

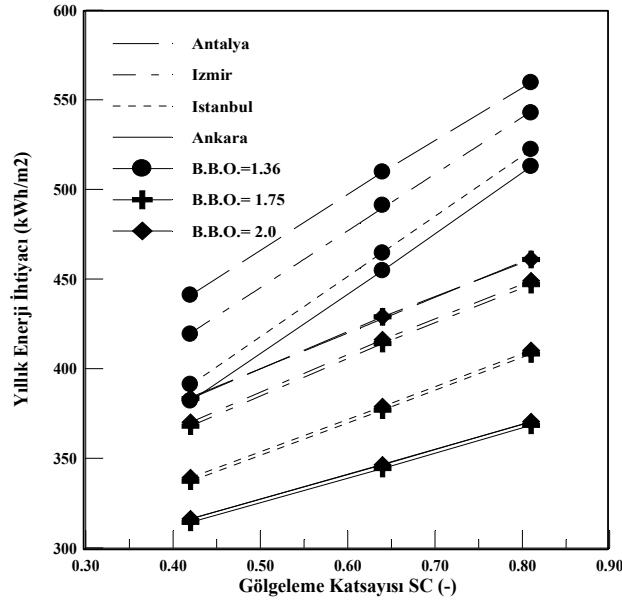
Pencere tasarımı, güneşten kaynaklanan ısı kazançları, enfiltrasyon ve gün ışığının aydınlatma üzerindeki etkisi ile binadaki ısı kazanımını etkilemektedir. Bir ofis binasının yıllık toplam enerji ihtiyacı üzerinde pencere tasarımının net etkisi, pencere tasarım karakteristikleri, hava koşulları ve güneş ışığına bağlı olan ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisini içermektedir. Bu analizde, değişik pencere sistem tasarımı, ısı kazanımı ve/veya kaybı ve bağlı olan enerji ihtiyacının etkileşimini göz önünde bulundurarak dikkate alınmıştır.

Baz bina modelde kullanılan cam tipi değişik cam tipleri ile değiştirilerek enerji ihtiyacına olan etki incelenmiştir. Şekil 1'de farklı bina boyut oranı (B.B.O.) için, farklı türden camların yıllık enerji ihtiyacı üzerine etkisini göstermektedir. Bu çalışmada üç farklı cam tipi karşılaştırılmıştır; a) düşük yayma katsayılı film kaplı üçlü cam, b) düşük yayma oranlı film kaplı çift cam, c) kaplamasız çift cam

**Şekil 1.** Farklı Cam Tiplerinin Enerji İhtiyacı Üzerindeki Etkisi.

Simulasyon sonuçları yüksek yansıtma oranları nedeniyle, düşük yayma oranlı camların yıllık soğutma yükünü azalttığını göstermektedir. Yine bu camların düşük toplam ısı geçiş katsayısından ötürü ısıtma enerji ihtiyaçları da düşmektedir. Cam cinsini değiştirerek duyulan ısı kazancının ve buna bağlı soğutma yükünün belli oranda düşürülmesi mümkündür. Şeffaf çift cam yerine düşük yayma katsayılı film kaplı çift cam kullanmak, maksimum soğutma yükünü Ankara için %15,1, Antalya için %13,5, İstanbul için %14,21, İzmir için %15,94 oranında azaltmaktadır. Bu azalma, güneş ışınımından ve iletimden kaynaklanan ısı kazançlarının azalmasından kaynaklanmaktadır.

Düşük yayma katsayısı kullanan iki pencere tipi dışında, bir çok tek camlı pencere sistemleri aynı U ($6.9 \text{ W/m}^2\text{K}$) toplam ısı geçiş katsayısı değerine sahiptir. Şekil 2'de bu tip bir tek camlı pencere sisteminin yıllık enerji ihtiyacı üzerindeki etkisi gösterilmektedir. Simulasyon sonuçları yıllık enerji ihtiyacının, cam tipinin gölgeleme katsayısı ile lineer değiştiğini göstermekle beraber, maksimum soğutma yükü, artan gölgeleme katsayısı ile doğrusal değişim göstermemektedir.



Şekil 2. Gölgeleme Katsayısının Yıllık Enerji İhtiyacına Olan Etkisi.

3.3. Bina Dış Duvar Renginin Etkisi

Dış duvarların yüzey yutma katsayısı baz binaya ait değerden farklı değerlere değiştirilmiştir. Simulasyon sonuçlarından yıllık soğutma enerji ihtiyacının, dış yüzeyin yutma katsayısı ile neredeyse doğrusal olduğu ve yutma katsayısı düşüldükçe soğutma enerjisi için yapılan enerji tasarrufunun arttığı görülmüştür (Tablo 4). Yutma katsayısındaki %30 azalma, ihtiyaç duyulan yıllık soğutma yükünde sıcak ve nemli iklimlerde (Antalya) %11,6, sıcak iklimlerde (İzmir) %10,5, bunun yanında Ankara gibi soğuk iklimlerde %6'lık bir tasarruf sağlamaktadır. Yıllık enerji ihtiyacı düşünüldüğünde, soğuk iklimlerde ısıtma yükündeki olumlu etkiden dolayı en fazla %2'lik tasarrufa ulaşılabilirken, bu miktar Antalya'da %10 seviyesinde olmaktadır; zira Antalya'da ısıtma dönemi daha kısa olduğu için ihtiyaç duyulan ısıtma yükleri, soğuk ve ılıman iklimlere kıyasla daha azdır.

Tablo 4. Yutma Katsayısının Bina Yıllık Soğutma ve Isıtma Yüklerine Olan Etkisi.

Yutma Katsayısı	Ankara SY (%)	Ankara IY (%)	Antalya SY (%)	Antalya IY (%)	İstanbul SY (%)	İstanbul IY (%)	İzmir SY (%)	İzmir IY (%)
0,2	5,75	2	11,6	10	8	3,6	10,5	9,5
0,4	2,2	0,5	3,2	2,5	2,3	1,5	2,9	2,4
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
0,6	-1,5	-1,4	-3,1	-2,6	-2,2	-1	-2,8	-2
0,8	-5	-2,5	-11,3	-9,7	-7	-2,9	-10,4	-9,4

SY- yıllık soğutma yükünde sağlanan tasarruf (yutma katsayısı 0,5 olan hale göre)

IY - yıllık ısıtma yükünde sağlanan tasarruf (yutma katsayısı 0,5 olan hale göre)

3.4 Gölgeleme

Ofis binalarında içte ve/veya dışta kullanılmak üzere çeşitli gölgeleme unsurları kullanılabilir. Bu çalışmada, Türkiye’de ofis binalarında yaygın olarak kullanılan, iç gölgeleme unsurlarının etkileri araştırılmıştır. Simulasyon sonuçları, perdelerin kapanması halinde hem yıllık ihtiyaç duyulan enerji hem de soğutma enerjisinden yapılan tasarrufun arttığını göstermiştir. İki farklı tür perdeden elde edilen enerji tasarruf miktarı Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Gölgeleme Elemanlarının Enerji İhtiyacına Etkisi.

Perde Tipi	Ankara SY (%)	Ankara IY (%)	Antalya SY (%)	Antalya IY (%)	İstanbul SY (%)	İstanbul IY (%)	İzmir SY (%)	İzmir IY (%)
Açık renkli seyrek dokuma perde	3,4	2,98	6,41	5,1	3,9	2,89	4,2	3,89
Açık renkli düşey panjur perde	3,9	2,01	6,73	5,7	4,78	3,2	4,8	4,1

SY - Perdesiz hale göre yıllık soğutma yükünde sağlanan tasarruf.

IY - Perdesiz hale göre yıllık ısıtma yükünde sağlanan tasarruf.

SONUÇ

Bu çalışmada yüksek kullanım alanına sahip ve bir HVAC sistemi ile iç ortamı şartlandırılan ofis binalarının yıllık ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçları ve bu enerji miktarlarında bina dış kabuğunda yapılacak bazı uygulamalar ile sağlanacak tasarruf miktarları incelenmiş, sonuçlar tablolar ve şekiller halinde verilmiştir. Elde edilen çıktılar mimarlara, bina yöneticilerine ve iklimlendirme – ısıtma konusunda çalışan mühendisler için enerji kullanımı ile bina ve çevre özelliklerinin etkileşimi konusunda yararlı olması ve yol göstermesi amacıyla sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] World Energy Council, Turkish National Committee (WECTNC) Energy Report, 2002.
- [2] CLARKE, J. A. , “Energy Simulation in Building Design”, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001.
- [3] Energy Plus computer program and Engineering document, The US Department of Energy, www.eere.energy.gov, 2003.
- [4] The Ministry of Public Works and Settlements, Turkish Specifications in Earthquake Regions (in Turkish and English), www.bayindirlik.gov.tr, 2001.
- [5] CROW ,L.W., “Development of Hourly Data for Weather Year for Energy Calculations (WYEC), Including Solar Data at 21 Stations Throughout the US”, ASHRAE Transactions 87,1, 896,1981.

- [6] COLLIVER,D. G., GATES R. S. , “Effect of Data Period - of Record on Estimation of HVAC&R Design Temperatures”, ASHRAE Transactions 106,2, 466,1981.
- [7] Devlet Meteoroloji Enstitüsü (DME), www.meteor.gov.tr, 2004.
- [8] “Türkiye İklim Verileri”, Technical Publication of Turkish Society of HVAC & Sanitary Engineers (TTMD), 2000.
- [9] TS 825 “Thermal insulation in buildings”, T.S.E., www.tse.gov.tr, 2003.
- [10] TS EN 823 “Thermal insulation products for in building applications-determination of thickness”, T.S.E, www.tse.gov.tr, 2003.
- [11] TAVİL, A., “Thermal behavior of masonry walls in Istanbul”, Constructions and Building Materials, 18, 111, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Nurdil ESKİN

Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü mezunu olup, aynı üniversiteden Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 1991 yılında İTÜ Makina Fakültesinden Makina Mühendisliği dalında Doktor ünvanını almış, 1997 yılında Doçent olmuştur. 2004 yılında Profesör ünvanını alan Nurdil Eskin, bu tarihten itibaren İ.T.Ü. Makina Fakültesi Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalında görev yapmaktadır. Yakıt ve yanma, iki-fazlı akışlar, akışkan yataklı kazanlar, yenilenebilir enerji kaynakları ve uygulamaları, HVAC sistemleri ve simülasyonu konularında çalışmaktadır.