



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

BİNA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİ (BEP-TR) KAPSAMINDA, FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE YAPI BİÇİMİ DÖNÜŞÜMÜNÜN VE ZON SAYISI HESABININ DEĞERLENDİRİLMESİ

SELCEN NUR ERİKCİ
YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ

GÜLAY ZORER GEDİK
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

BİNA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİ (BEP-TR) KAPSAMINDA, FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE YAPI BİÇİMİ DÖNÜŞÜMÜNÜN VE ZON SAYISI HESABININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Selcen Nur ERİKCİ
Gülay ZORER GEDİK

ÖZET

Çalışmada farklı iklim bölgelerinde yer alan farklı plan biçimlenişlerine sahip otel yapılarının, ısıtma ve soğutma enerjisi yükleri incelenmektedir. Örnekleme açısından fonksiyon olarak seçilen otel yapılarının, yapı biçimi, hesap yapılan zon sayısı ve simülasyon programı farkına bağlı olarak ısıtma ve soğutma yükleri hesabı, analizlerin çıkış noktasını oluşturmaktadır. Analizlerde enerji yüklerini hesaplamada, yarı dinamik saatlik hesap yapan ulusal hesap modeli BEP-TR ve EnergyPlus dinamik simülasyon motorunu kullanan bir program kullanılmaktadır. Otel yapılarının farklı iklim bölgelerindeki farklı senaryolar için yapılacak olan enerji performansı hesaplamasında, yıllık m² başına düşen enerji tüketim miktarları analiz edilecektir. Ayrıca, iki enerji analiz programının temellerindeki farklılığa dayanan analiz sonuçları, karşılaştırmalı tablolarla değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Bina enerji performansı, Isıtma-soğutma yükü, Otel yapıları, BEP-TR, Enerji analizi.

ABSTRACT

In this study, heating and cooling loads of hotel buildings that have different plan types are examined in different climatic regions. Heating and cooling load calculations depending on the building plan types and forms of hotels constitute the starting point of analyses. Building Energy Calculation Methodology (BEP-TR) - a semi-dynamic national calculation model- and a software that have EnergyPlus dynamic simulation method are used to calculate the energy loads in the analyses. The amount of energy consumption per m² will be analyzed for hotel buildings which will be held in different scenarios. In addition, results of analyses will be evaluated in a comparative table based on differences in the basis of two energy analysis programs.

Key Words: Building energy performance, Heating-cooling loads, Hotel buildings, BEP-TR, Energy analyses.

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının azalmasına bağlı olarak binalarda enerjinin etkin ve verimli kullanımı giderek daha fazla önem taşımaktadır. Gelişen teknolojilerle beraber bina ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. mekanik sistem yüklerinde büyük bir artış gözlemlenmektedir. Yoğun enerji gereksinimleri beraberinde bina

enerji performanslarının denetlenebilir olmasını getirmektedir. Enerji sorununa çözüm bulmak için diğer gelişmiş ülkeler gibi ülkemizde de enerji kanun ve yönetmelikleri düzenlenmiştir.

Bu amaçla, çalışmada farklı iklim bölgelerinde yer alan farklı plan biçimlenişlerine sahip otel yapılarının bina enerji performans değerlendirmeleri incelenmiştir. Örneklemeye açısından fonksiyon olarak seçilen ve analizleri yapılan otel yapılarında, plan tiplerine ve yapı biçimine bağlı olarak ısıtma ve soğutma yükleri hesabı analizlerin çıkış noktasını oluşturmaktadır.

Otel yapılarının buldukları bölgenin iklimsel özelliklerinden, topoğrafik ve coğrafik koşullardan etkilenerek tasarlanmaları gerekmektedir. O bölgede baskın olan iklimsel özelliklere göre yapının iklim öğelerinden korunması veya yararlanması, yapı içi hacimlerin yerleştirilmesi enerji yükleri bakımından son derece önemlidir. Analizlerde, ülkemizde bina enerji performanslarını belirlemede kullanılan Ulusal hesaplama yöntemi BEP-TR ve EnergyPlus dinamik simülasyon motorunu kullanan bir program ile otel binaları incelenmiştir. Yöntemin dayandığı hesaplama metodolojisi üzerinden, farklı iklim bölgelerindeki otel binalarının ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.

2. İKLİMSEL VERİLER

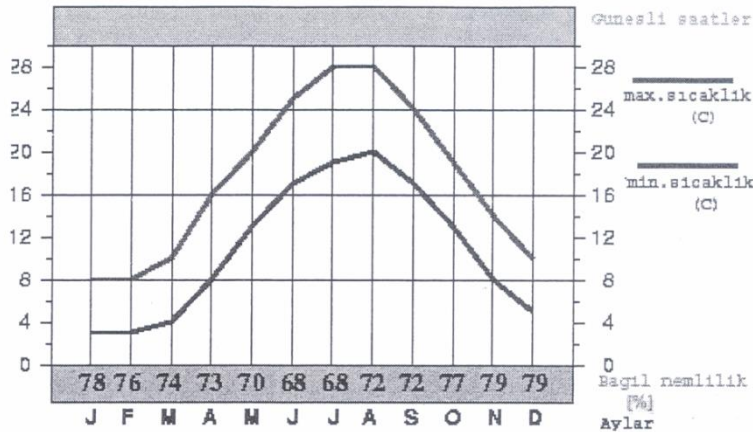
Dış çevre iklimini oluşturan iklim elemanları; güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemi ve rüzgârdır. İklimi oluşturan bu öğeler; dünya üzerindeki coğrafi konum, deniz yüzeyinden yükseklik, atmosfer tabakasının niteliği, topoğrafya, yüzey örtüsü gibi fiziksel koşullardan etkilenir. Ayrıca, açık mekânların ve çevrenin yüzey özellikleri, çevre yapılarının ve öteki öğelerin biçim, boyut, konum gibi geometrik özellikleri iklimi etkiler [1].

2.1. İklim Bölgeleri

Yapılarda ısısal tasarım gereksinimleri açısından iklim tiplerini, sıcak nemli, sıcak kuru, ılıman (ılıman nemli ve ılıman kuru) ve soğuk iklim olmak üzere dört ana grupta toplamak uygun olmaktadır. Kapsamı sınırlı tutulan bu çalışmada, ılıman nemli, sıcak kuru ve soğuk iklim bölgelerinden birer pilot il seçilerek, incelenecektir.

2.1.1 İlıman Nemli İklim Bölgesi

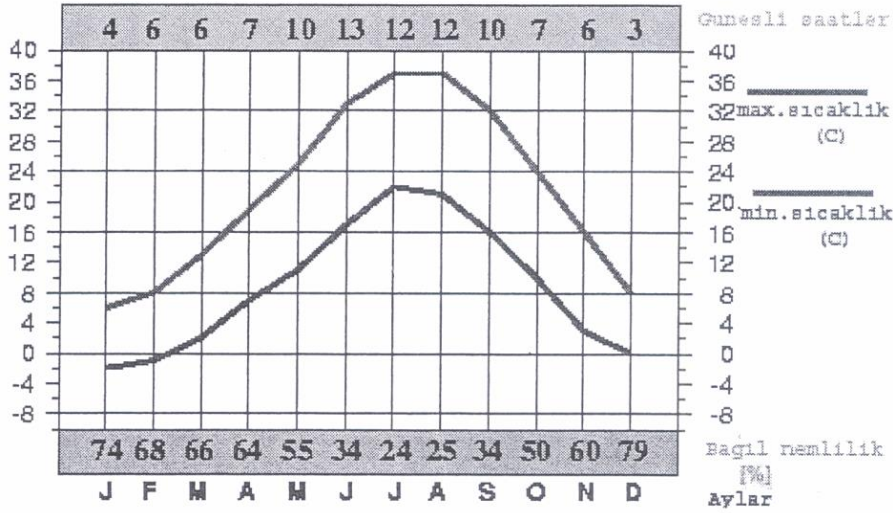
Bu çalışma kapsamında ılıman nemli iklim bölgesi için İstanbul pilot il olarak seçilmiştir. Mevsim sıcaklıklarının ılıman olduğu bu bölge denizin etkisiyle nemlidir. Yazın nemin de etkisiyle sıcaklıklar 30°C'nin üstüne çıkabilmekte, kışın ise 0°C'nin altına inebilmektedir. Mevsimlik ortalama sıcaklık farkları çok fazla olmayan bu iklim bölgesinde sıcak dönemlerde havalandırma gerekmektedir [2].



Şekil 1. Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, İstanbul [3].

2.1.2 Sıcak Kuru İklim Bölgesi

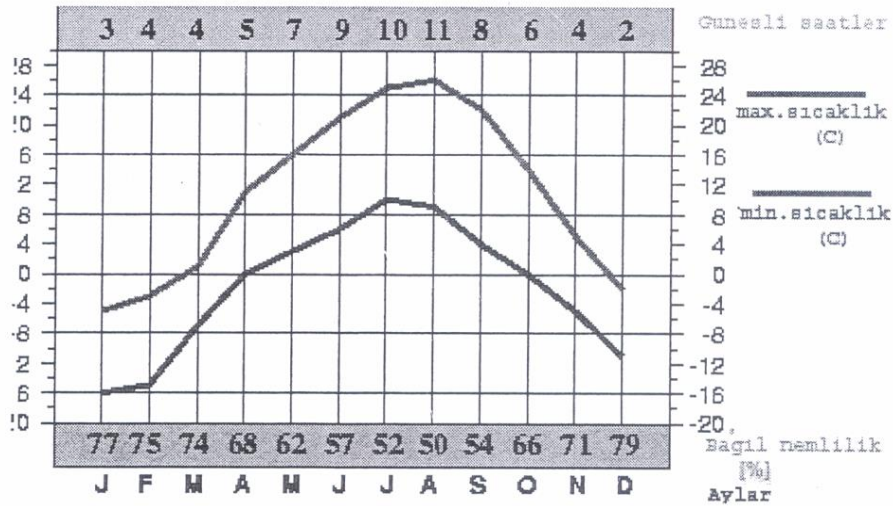
Sıcak kuru iklim bölgesi için Diyarbakır pilot il olarak seçilmiştir. Bu iklim bölgesinde sıcak dönemde kuru sıcaklar, soğuk dönemde don olayları yaşanmaktadır [2]. Mevsimlik sıcaklık farklarının çok olduğu bu bölgede göl, ırmak, havuz gibi su kaynaklarından yararlanmaya ve rüzgârdan korunmaya ihtiyaç duyulur. Sıcak dönemde ise güneş ışınlarından olabildiğince korunma sağlanmalıdır.



Şekil 2. Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, Diyarbakır [3].

2.1.3 Soğuk İklim Bölgesi

Sıcaklık yılın yarısı 0°C'nin altındadır. Kışlar uzun ve sert, yazlar kısa ve serin geçer. Kışın rüzgârın etkisiyle hava sertleşmektedir. En soğuk ay sıcaklık ortalaması -15°C'nin, en düşük sıcaklık -40°C'nin altındadır. Kışın bağıl nem oranının yüksek olduğu soğuk iklim bölgesi için Erzurum pilot il olarak belirlenmiştir [4].



Şekil 3. Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, Erzurum [3].

3. ANALİZLERDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ VE ANALİZ SONUÇLARI

3.1. Hesap Yöntemleri

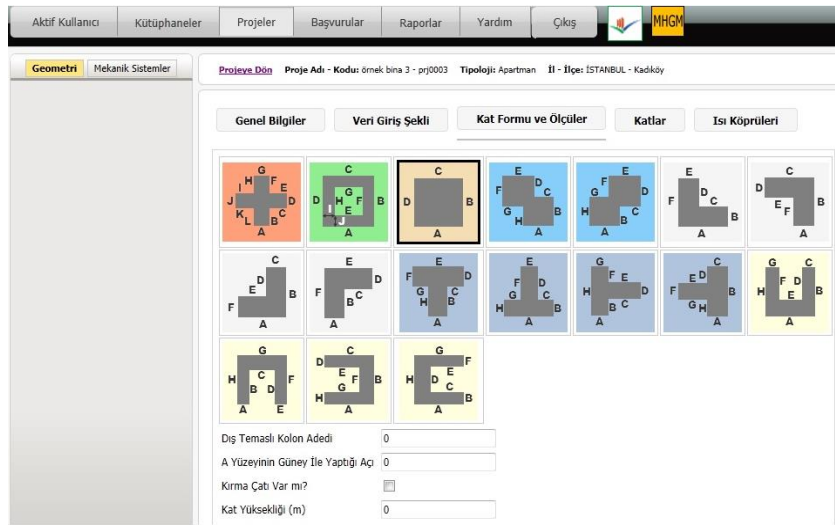
BEP-TR’de binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesabında, ISO 13790’nın önerdiği üç yöntemden birisi olan basit saatlik dinamik hesap yöntemi kullanılmaktadır. Binanın net enerji gereksinimini, çok sayıda parametre (konum, yön, biçim, engeller, yapı kabuğu ve kabukta pasif denetim sistemleri gibi) etkilemektedir. Bu parametrelerden konum, yön, biçim gibi parametreleri; çoğunlukla arsaların mevcut durumu, imar yönetmelikleri v.b. etkenler oluşturmaktadır. Dolayısıyla uygulamada enerji performansı arttırılmak istenen yapılarda, uygun yapı kabuğu kesitinin belirlenmesi ve kabukta pasif denetim (hareketli veya sabit güneş ve rüzgâr denetimi) sistemlerinin kullanımı önem kazanmaktadır. Dış ortamda değişen iklim koşullarına göre devreye girecek pasif denetim sistemlerinin (güneş kırınlar, stor, kapak v.b) etkisi önemlidir ve saatlik hesap yönteminde belirli kabullerle gerçeğe daha yakın hesaplanabilmektedir.

Isıtma ve soğutma mevsim uzunlukları iklim verilerinin yanı sıra bina performansına göre de değişiklik göstermektedir. Aynı iklim bölgesinde binanın özelliğine göre ısıtma ve soğutma süreleri farklı olabilmektedir. Saatlik hesap yapan bir yöntemle, iklimin yanı sıra binanın ısıl davranışına bağlı olarak da ısıtma ve soğutma süreleri gerçeğe daha uygun belirlenebilmektedir. Ayrıca, Türkiye’nin çok farklı iklim bölgelerine (ılıman nemli, ılıman kuru, sıcak nemli, sıcak kuru, soğuk) sahip olması nedeniyle, özellikle yaz-kış, gece-gündüz sıcaklık farklarının fazla olduğu iklim bölgeleri için saatlik hesap yapılması doğru bir yaklaşımdır. BEP-TR’de, bina enerji gereksiniminin (iç sıcaklığı konfor sıcaklığında dengede tutmak için gereken ısıtma ve soğutma enerjisi) niceliği, zon ölçeğinde ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olarak değişmektedir. [5]

BEP-TR’de bir binanın enerji performansının belirlenmesi şu adımlarla gerçekleşir [6]:

1. Binanın m² başına düşen yıllık enerji tüketiminin belirlenmesi,
2. Bu değere göre CO₂ salımının hesaplanması,
3. Bu değerlerin referans bir binaya ait değerlerle kıyaslanması,
4. Kıyaslama sonucuna göre binanın A-G arası bir enerji sınıfına yerleştirilmesi

BEP-TR içerisinde mevcut ve tanımlı geometriler yer almaktadır. Enerji performansı hesaplanacak binanın formu seçilecek, sonrasında her kata ve her kattaki zonlara ait ölçüler yazılıma veri olarak girilecektir. Şekil 4’de 2009 sürümü itibariyle BEP-TR yazılımı içerisinde mevcut olan bina formları görülmektedir.



Şekil 4. BEP-TR ekran görüntüsü [7].

Bu hesaplama yönteminde, saydam bileşenlerden ısı geçişinde, bileşenin U (ısıl geçirgenlik katsayısı) değeri esas alınmaktadır. Havalandırma yolu ile ısı geçişi, hacimsel hava debisi, zon hacmi ve zondaki hava değişim sayısına göre hesaplanıp, hava sızdırma değeri belirlenerek havalandırma ısı geçiş katsayısı bulunmaktadır. İç kazançlar, iç ısı kaynaklarından kazanılan ısı olarak tanımlanmaktadır. BEP-TR’de iç kazançlar, metabolik aktiviteye bağlı olarak insanlardan kaynaklı duyulur ve gizli ısı kazançları, cihazlardan yayılan ısı kazançları, sıcak su kullanımından ve aydınlatma aygıtlarından ısı kazançları olarak belirtilmektedir. Güneş kazançları, opak ve saydam bileşenlerden olmak üzere ayrı ayrı ele alınmaktadır [8].

Hesaplamalarda kullanılan ikinci simülasyon EnergyPlus’ın ara yüzü olarak geliştirilen bir enerji simülasyon programıdır. EnergyPlus dinamik simülasyon motorunu kullanan bu programa, binayı üç boyutlu olarak modelleyerek enerji hesabı yaptırılmaktadır. Binanın bulunduğu şehir, bina kullanım türü ve kullanıcı sayısı, mekân tanımlamaları, bina kabuğu opak ve saydam bileşen detayları, ısıtma, soğutma, aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerine ilişkin veriler toplanarak, tanımlanmalıdır. Binaya ilişkin tüm bilgiler veri olarak programa tanımlandığında, binanın yıllık, aylık ve günlük ısıtma, soğutma, aydınlatma yükleri elde edilebilmektedir [9].

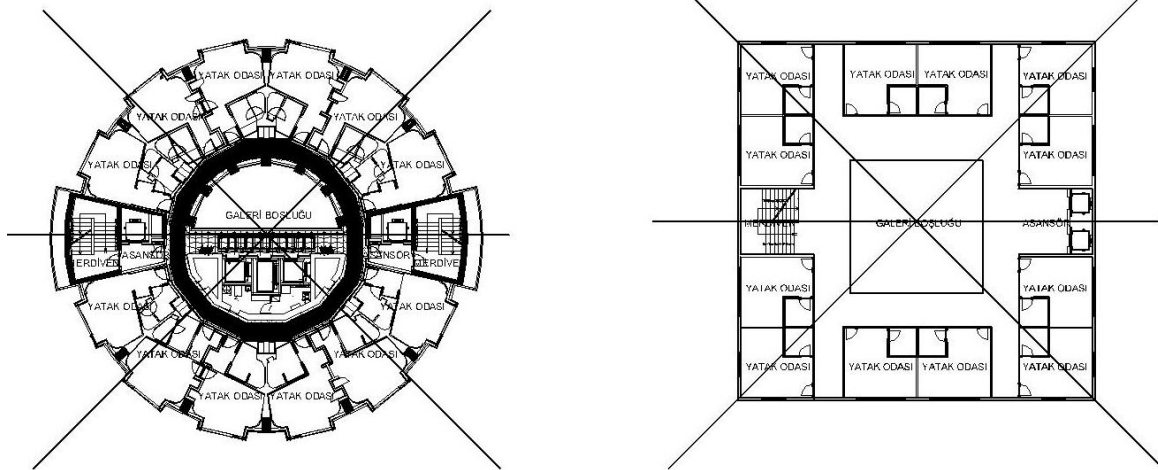
3.2. Analizler

BEP-TR yazılımı, içerisinde tanımlı olan köşeli formların enerji yüklerini hesaplayabilmektedir. Analizlerde kullanılan ikinci program ise; elips, daire vb. formlar ile eğimli yüzeyler de dâhil olmak üzere herhangi bir form sınırlaması olmadan enerji hesabı yapabilmektedir. Yapının ısıtma ve soğutma yüklerinde önemli rol oynayan yapı biçimi parametresi, yapının enerji tüketimini de ağırlıklı olarak belirlemektedir. Her zonu ayrı bir ısı yük oluşturan kompleks otel bina tipolojilerinde yatak katları ve sayısı hem tasarım hem de enerji tüketimi açısından oldukça önemlidir. Bu yüzden kullanılan otel plan tiplerinde kat taban alanları, kat yükseklikleri, kat sayısı, kattaki yatak odası sayısı, yatak odası özellikleri, bina opak, saydam bileşenleri, saydamlık oranları ile kabuk özellikleri aynı seçilmiştir. İç mekân konum ve yönlendirmelerindeki değişiklikler en alt seviyede tutulmaya çalışılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Her iki programda aynı yapı malzemeleri, aynı boyut ve kalınlıklarda aynı mekânlarda kullanılmıştır. Ancak BEP-TR’nin bu çalışmada kullanılan 2009 sürümünde, binanın ısı kapasitesi belli bir yaklaşıklıkla hesaba katılmaktadır. Bir zonu çevreleyen yüzeylerin ısı kapasitesi $C_m(J/K)$, A_m (zonun etkin kütle alanı) değerlerine bağlı olarak, ISO 13790’nın 2008 standartında “yapı elemanı sınıfı azaltılarak seçilebilir” notuna göre, basit saatlik yöntem için verilen tablodan, yalnızca orta seçenek seçilerek kullanılmaktadır. Dolayısıyla hesap yapılan zonu çevreleyen yapı kabuğu elemanları orta sınıf kabul edilerek, zonun kütle alanı da (A_m), döşeme alanının (A_f) 2.5 katı olarak hesaplanmaktadır. Herhangi bir gün - saat - zon için $C_m (J/K)$ değeri tablodan $165000 \cdot A_f$ olarak hesaba katılmaktadır. [10]. Otel yapılarının enerji gereksiniminin hesaplanmasında BEP-TR ve EnergyPlus’ta kullanılan yapı kabuğu malzemeleri ve fiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Analiz yapılan otel binalarının BEP-TR ve EnergyPlus yapı kabuğu malzemeleri ve fiziksel özellikleri

Hem BEP-TR hem EnergyPlus'ta kullanılan malzeme özellikleri					Yalnız BEP-TR'de kullanılan malzeme özellikleri		Yalnız EnergyPlus'ta kullanılan malzeme özellikleri	
Malzeme adı	Kalınlık (d) m	Isıl iletkenlik W/(m2K)	Birim hacim kütlesi ρ kg/m3	Emisivite ϵ	Bir zonlu çevreleyen yüzeylerin ısı kapasitesi C_m (J/K)	Zonun kütle alanı A_m (m ²) A_f :Döşeme alanı	ϵ' u belirleyen Pürüzlülük	Özgül Isı CP J/kgK
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	1400	0,9	165000*A _f	2.5*A _f	Pürüzsüz	1000
Ekstrüde polsitren köpüğü	0,02	0,03	25	-			Pürüzsüz	1300
Düşey delikli hafif tuğla duvar	0,19	0,22	550	-			Orta pürüzlü	1000
Normal beton (Donatılı)	0,15	2,5	2400	-			Orta pürüzlü	2000
Mozaik	0,01	3,5	2800	0,75			Çok pürüzsüz	1000


Şekil 5. Daire ve Kare Yatak Katı Planları

Analizler iki ana grupta toplanmıştır.

- İlk grup analizlerde, BEP-TR’de eğrisel formlu yapıların enerji hesabı yapılamadığı için, daire formlu otel yapısı aynı taban alanına sahip kare forma indirgenerek enerji hesapları yapılmıştır. (Şekil 5) İkinci programda, daire ve kare formlu her iki otel yapı tipinin ayrı ayrı enerji yükleri hesaplanabilmektedir.
- İkinci grup analizlerde ise, tek ve çok zonlu hesaplamaların karşılaştırması amaçlanmıştır. BEP-TR’de yalnızca tek zonlu hesap yapılarak hesaplamalarda zon sayısının ortaya çıkardığı fark belirlenmiştir.

İç kazançlar açısından her iki program karşılaştırma yapmak amacıyla çalışıldığında iç kazançlar, kişi sayısı ve aydınlatma aygıtı sayısı eşit tutulmuştur.

Tablo 2. Otel Tipleri İç Mekan Özellikleri

Otel Yapısı Plan Tipi	Daire Planlı Otel	Kare Planlı Otel
Kullanılan Toplam Alan (m ²)	3960	3960
Kat Taban Alanı (m ²)	660	660
Kat Adedi	6	6
Kat Yüksekliği (m)	3,5	3,5
Yatak Odası Alanı (m ²)	26,25	26,25
Kat Başına Düşen Yatak Odası Adedi	12	12
Galeri Boşluğu Alanı (m ²)	167,33	100
Saydam Alanlar (m ²)	378	378
Sirkülasyon Alanı (m ²)	177,67	245
A/V oranı	0,136	0,155

-İlman Nemli İklim Bölgesi –İstanbul Örneği

İlman nemli iklim bölgesi için seçilen İstanbul’da otel plan biçimlenişleri için biçim ve zon analizleri sonucunda elde edilen ısıtma-soğutma enerjisi yükleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. İstanbul Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerjisi Yükleri [11].

Hesaplama Yöntemi	Zon Sayısı	Otel Plan Tipi	Enerji Tipi	Enerji Miktarı (kWh/m ²)
1. simülasyon programı (BEP-TR)	Tek zon	Kare Planlı	Isıtma	6588,35
			Soğutma	209,08
2. simülasyon programı	Çok zonlu	Daire Planlı	Isıtma	831,85
			Soğutma Enerjisi	274,26
	Kare Planlı	Isıtma	768,43	
		Soğutma Enerjisi	398,42	
	Tek zon	Daire Planlı	Isıtma	3179,63
			Soğutma Enerjisi	205,69
Kare Planlı	Daire Planlı	Isıtma	2917,24	
		Soğutma	296,39	

Tablo 3’de görüldüğü gibi;

- Biçim dönüştürme analizlerinde;
 1. Daireden kareye çevrilen otel yapılarının 2. Simülasyon programında çok zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 7,62 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %45,27 oranında bir artış olmuştur.
 2. Daireden kareye çevrilen otel yapılarının 2. Simülasyon programında tek zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 8,25 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %44,09 oranında bir artış olmuştur.

- Zon sayısı farkı analizlerinde;
 1. Daire planlı otel yapısının 2. Simülasyon programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %282,23 oranında bir artış görülürken, soğutma yüklerinde %25 oranında bir azalma ortaya çıkmıştır. Zon sayısı farkı ısıtma yüklerinde önemli değişiklik göstermektedir. Tek zonlu hesap ısıtma yükünde önemli bir artışa sebep olmaktadır.
 2. Kare planlı otel yapısının 2. Simülasyon programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %279,63 oranında bir artış, soğutma yüklerinde ise %25,6 oranında bir düşüş görülmektedir. Zon sayısı farkı kare planda da ısıtma yüklerinde önemli fark yaratmıştır. Tek zonlu hesap ısıtma yükünde ciddi bir artışa neden olmaktadır.
- Program farkı analizlerinde;
 1. Kare planlı otel yapısının BEP-TR’de hesaplanan ısıtma enerjisi yükü, 2. Simülasyon programında hesabı yapılan ısıtma enerjisi yüküne göre %125,84 oranında bir artış, soğutma enerji yüküne göre ise %29,45 oranında bir azalma göstermiştir. Bu fark programlar arasındaki yöntem farkından kaynaklanmaktadır.

-Sıcak Kuru İklim Bölgesi –Diyarbakır Örneği

Sıcak kuru iklim bölgesi için seçilen Diyarbakır’da otel plan biçimlenişleri için biçim ve zon analizleri sonucunda elde edilen ısıtma-soğutma enerjisi yükleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Diyarbakır Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerjisi Yükleri [11].

Hesaplama Yöntemi	Zon Sayısı	Otel Plan Tipi	Enerji Tipi	Enerji Miktarı (kWh/m ²)
1. simülasyon programı(BEP-TR)	Tek zon	Kare Planlı	Isıtma	10458,1
			Soğutma	271,02
2. simülasyon programı	Çok zonlu	Daire Planlı	Isıtma	1016,81
			Soğutma Enerjisi	367,71
	Kare Planlı	Isıtma	937,12	
		Soğutma Enerjisi	516,24	
	Tek zon	Daire Planlı	Isıtma	3890,36
			Soğutma Enerjisi	275,78
Kare Planlı		Isıtma	3619,72	
		Soğutma	382,53	

Tablo 4’de görüldüğü gibi;

- Biçim dönüştürme analizlerinde;
 1. Daireden kareye dönüştürülen otel yapılarının 2. simülasyon programında çok zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 7,83 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %40,39 oranında bir artış olmuştur.
 2. Daireden kareye dönüştürülen otel yapılarının 2. simülasyon programında tek zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 6,95 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %38,7 oranında bir artış olmuştur.
- Zon sayısı farkı analizlerinde;
 1. Daire planlı otel yapısının 2. simülasyon programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %282,6 oranında bir artış görülürken, soğutma yüklerinde %25 oranında bir azalma ortaya çıkmıştır. Diyarbakır’da da hesap yapılan zon sayısı ısıtma yükünde önemli fark yaratmıştır. Tek zonlu ısıtma yükü hesabında önemli bir artış meydana gelmiştir.
 2. Kare planlı otel yapısının 2. simülasyon programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %286,26 oranında bir artış, soğutma yüklerinde ise %25,9 oranında bir düşüş görülmektedir. Hesap zonu sayısındaki fark, kare planda da daireyle aynı şekilde ısıtma yüklerini önemli ölçüde etkileyerek, ısıtma yükünde ciddi bir artışa sebep olmuştur.
- Program farkı analizlerinde;
 1. Kare planlı otel yapısının BEP-TR’de hesaplanan ısıtma enerjisi yükü, 2. simülasyon programında hesabı yapılan ısıtma enerjisi yüküne göre %188,92 oranında bir artış, soğutma

enerji yüküne göre ise %29,15 oranında bir azalma göstermiştir. Programların dayandığı yöntem farkı Diyarbakır'da da enerji yüklerini ciddi oranda etkilemiştir.

-Soğuk İklim Bölgesi –Erzurum Örneği

Soğuk iklim bölgesi için seçilen Erzurum'da otel plan biçimlenişleri için biçim ve zon analizleri sonucunda elde edilen ısıtma-soğutma enerjisi yükleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Erzurum Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerjisi Yükleri [11].

Hesaplama Yöntemi	Zon Sayısı	Otel Plan Tipi	Enerji Tipi	Enerji Miktarı (kWh/m ²)
1. simülasyon programı(BEP-TR)	Tek zon	Kare Planlı	Isıtma	22493,98
			Soğutma	58,5
2. simülasyon programı	Çok zonlu	Daire Planlı	Isıtma	1617,72
			Soğutma Enerjisi	122,93
		Kare Planlı	Isıtma	1410,26
			Soğutma Enerjisi	162,76
	Tek zon	Daire Planlı	Isıtma	6189,46
			Soğutma Enerjisi	67,61
		Kare Planlı	Isıtma	5736,9
			Soğutma	85,27

Tablo 5'de görüldüğü gibi;

- Biçim dönüştürme analizlerinde;
 1. Daire yapının kareye dönüşümü 2. Simülasyon programında çok zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 12,82 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %32,4 oranında bir artış olmuştur.
 2. Dairenin kare planlı yapıya dönüşümü 2. Simülasyon programında tek zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 7,31 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %26,12 oranında bir artış olmuştur.
- Zon sayısı farkı analizlerinde;
 1. Daire planlı otel yapısının 2. Simülasyon programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %282,6 oranında bir artış görülürken, soğutma yüklerinde %45 oranında bir azalma ortaya çıkmıştır. Erzurum'da da ısıtma yükünün tek zon olarak hesabı çok zonlu hesaba göre önemli artış göstermiştir.
 2. Kare planlı otel yapısının 2. Simülasyon programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %306,79 oranında bir artış, soğutma yüklerinde ise %47,6 oranında bir düşüş görülmektedir. Kare planlı yapıda ısıtma yükünün tek zon olarak hesabı önemli artış göstermiştir.
- Program farkı analizlerinde;
 1. Kare planlı otel yapısının BEP-TR'de hesaplanan ısıtma enerjisi yükü 2. Simülasyon programında hesabı yapılan ısıtma enerjisi yüküne göre %292,09 oranında bir artış, soğutma enerji yüküne göre ise %31,39 oranında bir azalma göstermiştir. Programların dayandığı basit saatlik ve detaylı dinamik yöntem karşılaştırması, soğuk iklim bölgesindeki Erzurum'un enerji yüklerinde belirgin farklara neden olmuştur.

Birinci adımda 2. Simülasyon programında, dairenin kareye dönüştürülmesiyle biçim farkının ısıtma-soğutma yükleri üzerine etkisinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. İkinci adımda; her iki programla da kare planlı yapıyla hesap yapılabildiği için, kare planlı binaların ısıtma ve soğutma enerjileri karşılaştırması yapılarak programlar arasındaki farkı belirlemek amaçlanmıştır.

BEP-TR programı gerektirdiği için daireden kare plana çevrilirken saydam alan yüzey oranları az da olsa değişkenlik göstermektedir. Daire planda yer alan saydam alan yüzdesi %20,25 iken, kare planda

%17,52'dir. Saydamlık oranları ve yönlendirmeleri arasındaki fark olabildiğince en alt seviyede tutulmuş, yalnızca bina biçimindeki farklılık ortaya konulmuştur.

Tablo 6. Analizlerin Isıtma ve Soğutma Enerji Yükleri Karşılaştırması [11].

Hesap Yönt.	Değişken	Plan Tipleri	Zon Sayısı	ISITMA ENERJİSİ			SOĞUTMA ENERJİSİ		
				İst.	Diyr.	Erz.	İst.	Diyr.	Erz.
2.simülasyon	Biçim	Daire - Kare	Çoklu-Çoklu	%7,62 ↓	%7,83 ↓	%12,82 ↓	%45,27 ↑	%40,39 ↑	%32,4 ↑
		Daire - Kare	Tek-Tek	%8,25 ↓	%6,95 ↓	%7,31 ↓	%44,09 ↑	%38,7 ↑	%26,12 ↑
	Zon sayısı	Daire	Çok zondan	%282,2 ↑	%282,6 ↑	%282,6 ↑	%25 ↓	%25 ↓	%45 ↓
		Kare	Tek zonda	%279,6 ↑	%286,26 ↑	%306,79 ↑	%25,6 ↓	%25,9 ↓	%47,6 ↓
2.simülasyon -BEP-TR	simülasyon programı	Kare - Kare	Tek-Tek	%125,84 ↑	%188,92 ↑	%292,09 ↑	%29,45 ↓	%29,15 ↓	%31,39 ↓

Tüm bu analizler sonucunda ortaya çıkan hesaplamalarda, yıllık toplam enerji yüklerinin daireden kareye dönüşümde enerji miktarını arttırdığı görülmektedir. Biçim dönüştürme analizlerinde; iklim bölgelerine göre seçilmiş olan pilot illerden Erzurum'da yıllık toplam enerji tüketimi açısından dönüşümden (daireden kare forma) etkilenmenin en az olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak tüm iklim bölgelerinde, daireden kareye dönüşümde ısıtma enerjisinde azalma soğutma enerjisinde artış görülmektedir. Isıtma enerjisinde azalmanın nedeni, kare plan biçiminde güney cephesi alanının artmasından dolayı bu cepheden gelen güneş kazançlarının A/V'den dolayı oluşan kayıpları karşılamaıdır. Güney cephesinin uzaması daha fazla ısı kazancı sağladığından, ısıtma enerjisi ihtiyacında az da olsa bir azalma görülmektedir. Yine Erzurum'da soğutma yükleri açısından en az fark görülmektedir. (Tablo 6) Biçim dönüşümünde yönlendirmenin değişmesi ve güney cephesi alanının artması, soğutma enerjisinde artışa neden olmaktadır. Bu durum soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum'da bile biçimin daireden kareye dönüşümünden dolayı soğutma enerjisi yüklerinde meydana gelen farkın, ısıtma enerjisi yüklerine göre daha belirgin olmasına neden olmuştur.

Zon farkı analizlerinde; tek zonlu hesaplamada ısıtma enerjisi yükleri çok zonlu hesaplamaya göre çok büyük artış göstermiştir. Çok ve tek zonlu hesaplamalarda ısıtma enerjisi yükleri daire planda tüm illerde benzer oranlarda değişkenlik gösterirken, kare planda soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum'da diğer bölgelere göre daha fazla bir artış görülmektedir. Soğutma enerji yükleri ise çok ve tek zonlu hesaplamalarda Erzurum'da daha fazla bir azalma göstermektedir.

Program farkı analiz sonuçlarında ise; basit saatlik dinamik yöntemle hesap yapan BEP-TR ve dinamik saatlik hesap yapan 2. simülasyon programının elde edilen hesap sonuçları karşılaştırıldığında, soğutma yüklerinin çok az fark ettiği, ısıtma yüklerinin ise önemli derecede fark ettiği belirlenmiştir. Programlar arası farkın hesap yöntemlerinin ve iç kazanç kabullerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. İki program arasında enerji yüklerindeki temel farkta, BEP-TR'de binanın ısıtma kapasitesinin belli bir yaklaşıklıkla hesaba katılması, iç kazanç hesabında mekânlara ait parametrelerin alan ağırlıklı ortalamalarının tüm kata dağıtılması ve mekanik ısıtma sisteminin hesap metodolojisi farklılığı etkili olmuştur.

Hesap sonuçları, özellikle tek zonla yapılan hesaplamalarda ısıtma yüklerinin çok zonlu hesaplamaya göre her iki programda da artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Isıtma yüklerinin çok zonlu analizinin önemi görülmektedir. Özellikle simülasyon programlarının gerek net enerji, gerekse mekanik ısıtma sistemlerinin hesabını içeren akış diyagramlarında çok zonlu hesaplamaya önem verilmelidir.

SONUÇ

Otel yapısı fonksiyonunda ısıtma-soğutma yüklerinin karşılaştırıldığı analizlerde; kullanılan yöntemlerden BEP-TR’de, dairesel ve eğimli yüzeylerin enerji hesabının yapılamaması, bu plan şemalarının karşılaştırma amacıyla ikinci bir programda hesaplanmasını gerektirmiştir. Dairesel biçimlerin dikey-köşeli elemanlara dönüştürülmesi ile BEP-TR’de analizler gerçekleştirilmiştir.

Daireden kareye dönüşüm ile otel yapılarının biçim farkına, çok ve tek zonlu hesaplamalar ile zon sayısı farkına ve iki farklı simülasyon kullanarak simülasyon programı farkına bağlı olarak ısıtma-soğutma enerji yükleri hesaplanarak, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

- Zon sayısı farkına dayanan analizlerde; gerek kare gerekse daire biçimlenişli yapıda; tek zonlu hesaplamada ısıtma enerjisi yükleri çok zonlu hesaplama göre çok büyük artış göstermiştir. EnergyPlus dinamik simülasyon motorunu kullanan ikinci programda tek ve çok zonlu hesabın ısıtma yüklerini etkilediği; tek zonlu hesapta ısıtma enerjisi yüklerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun nedenleri olarak,
 - Mekanik ısıtma sistemi farklılığı (mekânlar arasında ısıtıcıları bağlayan boru uzunluğu, v.b.),
 - Programın duvarların ısı depolama ve zaman geciktirmesi özelliğini dikkate alan bir hesap yöntemi kullanması,
 - Zon sayısına bağlı olarak iç kazanç kabul farklılığı,belirlenmiştir.
- Genel olarak tüm iklim bölgelerinde, dinamik simülasyon kullanan ikinci programda yapılabilen karşılaştırmada daireden kareye dönüşümde, ısıtma enerjisinde azalma soğutma enerjisinde artış görülmektedir.
- Program farkı analiz sonuçlarında ise; basit saatlik dinamik yöntemle hesap yapan BEP-TR ve dinamik saatlik hesap yapan ikinci programla elde edilen hesap sonuçları karşılaştırıldığında, soğutma yüklerinin çok az fark ettiği, ısıtma yüklerinin ise önemli derecede fark ettiği (karşılaştırma sadece kare biçimleniş ve tek zonlu hesap üzerinden yapılabilmektedir) belirlenmiştir. İki programa ait hesap yöntemleri ve iç kazanç kabulleri farklılığı, ısıtma ve soğutma enerji yükü miktarlarında farklılıklar oluşturmaktadır.
- Biçim dönüştürme yapılması, her tür bina form ve eğim açılarının mevcut BEP-TR yazılımında tanımlı olmaması, hesaplamalarda yakınsama yoluyla enerji miktarlarının belirlenmesini gerektirmektedir. Yakınsama yöntemi ile geometrilerin köşeli ve dik elemanlara dönüştürülmesiyle hesap yapılan BEP-TR’de, biçim dönüştürmesinin ve yönlendirme farklarının bina net enerji miktarlarını etkilediği görülmüştür. Bu örnek analizlerde yapılan kabuller kapsamında, yönlendirmenin biçime oranla ısıtma ve soğutma yükleri üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir. Belirlenen daire ve kare planlı yapılarda güneşten en üst seviyede yararlanılan güney cephesi uzunluğunun artması özellikle ısıtma yüklerinde belirgin oranlarda değişikliklere neden olmuştur. Ek olarak, ısıtma-soğutma enerjisi yüklerinin basit saatlik dinamik hesap yapan BEP-TR ile detaylı dinamik yöntemle hesaplama yapan 2. Simülasyon programına oranla oldukça farklı olmasında mekânlara ait parametrelerin alan ağırlıklı ortalamalarının tüm kata dağıtılması etkili olmuştur.

Sadece belli geometrilerin (köşeli ve dik yüzeylere) enerji hesabına izin veren BEP-TR ile elde edilen sonuçlarda farklılıklar olması kaçınılmaz olduğundan sağlıklı analizlerin yapılması zorlaşmaktadır. Bu açıdan programın tüm bina geometri ve yüzey eğimlerine uygun şekilde geliştirilmesine olanak vererek geliştirilmesi ile bina enerji etkinlikleri ve iyileştirmeleri daha fazla hız kazanarak ülke ekonomisine de önemli ölçüde katkı sağlanabilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] Zorer, G., “Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri”, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliğı, İstanbul, 1992.
- [2] YILMAZ, Y., “Farklı İklim Bölgelerinde Bir İlköğretim Tip Projesinin Enerji Etkin Geliştirilmesine Yönelik Uygulama Örneğı”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
- [3] Weather Online, <http://www.weatheronline.co.uk/>, 15 Nisan 2013.
- [4] ÖZDEMİR, B.B., “Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
- [5] Yıldız Teknik Üniversitesi Enerji ve Uygulama Merkezi, “Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Metodolojisi İyileştirme Projesi - Ulusal Hesaplama Metodolojisi'nin Standartlara Uyumunun Değerlendirilmesi Raporu”, İstanbul, 2013.
- [6] <http://www.ygim.gov.tr/bep/sunumlar/bep.pdf/>, 13 Nisan 2013.
- [7] <http://beptr.bep.gov.tr/>, 18 Nisan 2013.
- [8] ATMACA, M., “Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.
- [9] Design Builder 1.2 User Manual, 2006: DesignBuilder 1.2 User Manual.
- [10] ISO 13790, “Energy performance of buildings -- Calculation of energy use for space heating and cooling, 2008, s.68
- [11] Erikci, S.N., “Türkiye’de Binaların Enerji Performansı Hesaplama Yönteminin Farklı İklim Bölgelerinde Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.

ÖZGEÇMİŞ

Selcen Nur ERİKCİ

Ankara doğumludur. 2009 yılında İTÜ Mimarlık Fakültesi İç Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Fiziği Yüksek Lisans Programından 2013 yılında mezun olmuştur. Aynı Üniversitede 2013 yılında Yapı Fiziği Doktora Programına başlamış ve çalışmalarına halen devam etmektedir. 2011 yılından beri Yeni Yüzyıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İç Mimarlık Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Gülay ZORER GEDİK

Zonguldak doğumludur. 1984 yılında YTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1987 yılında Yüksek Mimar, 1995 yılında Doktor Mimar, 2003 yılında Doçent ve 2009 yılında Profesör unvanını almıştır ve halen aynı üniversitede Yapı Fiziği alanında ısı-nem, güneş ışınımları, rüzgâr ve enerji etkin yapı tasarımı konularında akademik çalışmalarını sürdürmektedir.