

# BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ AMAÇLI YAZILIMLAR ÜZERİNE KISA BİR DEĞERLENDİRME

Mehmet Azmi AKTACİR  
Mehmet Akif NACAR  
Bülent YEŞİLATA

## ÖZET

Binalarda enerji performansı kavramı, yaşam standardı ve hizmet kalitesinin düşüşüne yol açmadan birim hizmet başına enerji tüketiminin azaltılmasını ifade eder. Avrupa Birliği'nde enerji verimliliği "Energy Performance of Buildings, Directive 2002/91/EC 16" direktifi ile belirlenmiştir. Bu direktifte binaların enerji verimliliğinin değerlendirilmesinde "HVAC Sistemlerinin Verimliliği ile beraber "Enerji Etkin Bina Tasarımı için Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması" gibi temel parametreler birlikte ele alınmaktadır. Ülkemizde de, 18/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa dayanılarak 2008 yılında çıkarılan "Bina Enerji performansı" yönetmeliğiyle binalarda enerji verimliliğinin artırılması ve bu çerçevede binaların sertifikalandırılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, Tasarım Mühendis ve Mimarlarının enerji alanında kullandıkları çeşitli yazılımlar mevcuttur. Genel olarak "uygulama yazılımları" olarak sınıflandırılan bu yazılımların, çeşitli yönleriyle (kullanılabilirlik, güvenilirlik vb. alanlarda) değerlendirilme ve sorgulanma ihtiyacı vardır. Bu çalışmada enerji verimliliği yazılımlarının kullanımındaki bu değerlendirme sorgulamaları ele alınacaktır. EnergyPlus, Design Builder ve Hourly Analysis Program (HAP) incelenen yazılımlardır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji verimliliği, Yazılım, Bina enerji performansı

## ABSTRACT

Building energy efficiency concept signifies decreasing energy consumption without giving up quality of service and life standards. European Commission performs energy efficiency within "Energy Performance of Buildings, Directive 2002/91/EC 16". In this directive two main parameters held in building energy efficiency. First one is efficiency of HVAC systems and another one is usage of renewable energy resources for designing energy efficient buildings. "Energy Performance of Buildings, Directive 04/18/2007 no. 5627" aims to certificate the buildings based on energy efficiency in our country. To comply with this requirements engineers and architects need to use proper software tools. In general, these "application software" are needed to be proven by usability and reliability features. In this study, we will evaluate energy efficiency software requirements in those senses. EnergyPlus, Design Builder and Hourly Analysis Program (HAP) software are investigated.

**Keywords:** Energy efficiency, energy software, building energy performance

## 1.GİRİŞ

Günümüzde enerji verimliliği kavramı bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak önem kazanmaktadır. Dünyadaki fosil enerji kaynaklarının tükenmeye başlaması ile birlikte yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına paralel olarak enerji tasarrufu, enerjiyi etkin ve verimli kullanma

kavramları da önemli hale gelmiştir. Geçmişte enerji alt yapıları kurmak başlıca problemler iken, günümüzde var olan altyapıları verimli kullanma temel problem haline gelmiştir. Enerji verimliliğini artırmak için enerji kaynaklarını sürekli gözleyen ve bunları analiz eden teknolojilere ihtiyaç vardır. Bilgi ve iletişim alanında kullanılan enstrümanlar ve yazılımlar enerji yönetimini etkin, sürekli ve güvenilir yapmaktadır.

Genel anlamda, enerji yazılımları değişik amaçlar için enerji yönetimine hizmet sunmayı hedeflemektedir. Bu amaçlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir; Enerji yönetim yazılımları, Enerji yükü yönetim yazılımları, Enerji muhasebe yazılımları, Enerji tüketimi izleme ve kontrol yazılımları [1].

Bu çalışmada binalarda enerji verimliliğini artıran enerji yükü yönetim yazılımları ele alınacaktır. Binlarda enerji performansını ölçmek amacıyla enerji yazılımları çeşitli formlarda geliştirilmektedir. Bunlar;

1. Tek bilgisayarda veya iş istasyonunda çalışan yazılımlardır. RETScreen [2] yazılımı tek bilgisayarda ve Microsoft Excel ortamında çalışmaktadır.
2. Masaüstü otomasyonu; masaüstü arayüzü ile uzaktaki sunucuda çalışan yazılımı kullanmaya yarar. EnergyPlus [3, 4] gibi bir masaüstü arayüz vasıtasıyla geri plandaki sunucuya gönderilen hesaplamaları kapsar.
3. Web otomasyonu; Web arayüzü ile geri plandaki sunucuları ve veritabanlarını kullanarak yapılan otomasyonlardır. Buna örnek olarak RoofWeb [5] yazılımı verilebilir.
4. Mobil yazılımlar ise cep telefonları ve cep bilgisayarları aracılığı ile kullanılan yazılımlardır. Bunlara örnek olarak Carmel Software tarafından geliştirilen iPhone HVAC uygulamaları [6] ele alınabilir.

Enerji yükü hesaplama yazılımlarından EnergyPlus, DesignBuilder, HAP üçüncü bölümde incelenmektedir. Makalenin bundan sonraki gelişimi şu şekilde olacaktır; ilk olarak enerji yazılımları değerlendirme kriterleri ele alınacak, sonraki bölümde ülkemizde çok kullanılan bina enerji yazılımları incelenecek, örnekleme açısından Energy Plus ile bir uygulama gerçekleştirilecek ve son bölümde ülkemiz açısından enerji yazılımlarının bir değerlendirmesi yapılacaktır.

## 2. ENERJİ YAZILIMLARI DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

### 2.1. Yenilenebilirlik

Bilgisayar yazılımları evrensel olmasından ötürü yenilenebilir olma özelliğini taşımalıdır. Yazılım için gerekli platform sağlandığı takdirde dünyanın her yerinde çalıştırılıp uygulamalar yapılabilir. Bu yönü ile enerji yazılımlarının yenilenebilir ve yinelenmeye uygun olduğunu söyleyebiliriz.

### 2.2. Genişletilebilme

Genişletilebilme yine yazılım geliştirme metodolojisinin bir bileşenidir. Enerjide kullanılan yazılımların farklı alanlara uygulanarak veya uyarlanarak çeşitlendirilmesi mümkündür.

### 2.3. Riskler

Enerji yönetim yazılımı üretmede en önemli risklerden biri; nitelikli yazılımcıları bu sektöre yönlendirmektir. Diğer bir risk ise uluslararası alanda rekabet edebilme gücüdür. Uluslararası rekabet için standartlara uygun kaliteli, sürdürülebilir yazılımlar üretilmeli ve bu yazılımları destekleyen büyük firmalar olması gerekmektedir. Aksi takdirde ülkemizdeki enerji uzmanları da yabancı kaynaklı yazılımları kolaylıkla tercih edebilirler. Yazılım geliştirmede fikri mülkiyet haklarının korunması ve yazılım lisans ücretlerinin ödenmesi karşımıza çıkabilecek olan risklerdendir.

## 2.4. Hazırlık Düzeyi

Dünyada ve ülkemizde enerji politikalarını yönlendiren kurumların teşvik ve desteği ile üniversiteler ve özel sektör enerji yazılımları geliştirmektedir. ABD'nin binalarda enerji ve maliyet tasarrufu için başlattığı "Bina Teknolojileri Programı" [7] ile özel sektör, devlet ve yerel yönetimler, ulusal laboratuvarlar ve üniversiteler arasında işbirliği sağlanarak, bina ve HVAC ekipmanlarının verimliliği artırılarak uygun sistemlerin geliştirilmesi için çalışmaktadır. Bu kapsamda, ABD' de Enerji bakanlığı EnergyPlus yazılımını desteklemektedir. Yine ülkemizde enerji kimlik belgesi altyapısını için kullanılan BEP-TR [8] yazılımı mevcuttur. Ayrıca Harran Üniversitesinde, Tübitak desteği ile enerji verimliliği yazılımı geliştirme projesi yürütülmektedir. 2010 yılında başlanılan projede, web tabanlı olarak Türkiye'deki binalara yönelik bir soğutma yükü hesabı yazılımı geliştirilmektedir. Hesaplamalarda, ASHRAE tarafından önerilen RTS hesaplama yöntemi Türkiye şartlarına uyarlanarak kullanılacaktır.

## 2.5. Karşılaştırma Ölçütleri

Enerji yazılımlarının karşılaştırma ölçütleri aşağıdaki şekilde ele alınabilir:

- Yazılımın hangi enerji kaynaklarını kapsadığı; Yenilenebilir veya geleneksel,
- Yazılımın ne tip kullanıcılara hitap ettiği; Bina tasarımcıları, enerji uzmanları,
- Yazılımın kullandığı teknolojiler; Web, CAD/CAM,
- Yazılıma erişim durumu; bilgisayara kurma veya online erişim.
- Yazılımın kullanım kolaylığı,
- Girilen ve alınan verilerin diğer yazılım ve standartlara uyumluluğu veya kolayca dönüştürülebilmesi,
- Yazılımın ölçeklendirilebilir olması kriterleri,

## 2.6. Potansiyel Etki/Faydalar

Enerji yazılımları kısa vadede elde varolan enerji kaynaklarının etüdü ve yine yeni kurulan tesislerin enerji kullanımını düzenlemede önemli rol oynamaktadır. Orta vadede enerji kaynaklarının kullanımındaki sorunların tespit edilerek verimliliğin artırılmasına dönük yatırımlar yapılması sağlanabilir. Yine uzun vadede enerji şebekelerinde ve kullanımında yanlış uygulamaların etkisi ile meydana gelen ısınmanın küresel etkisi, karbon salınımı gibi problemlerin çözümünde somut fayda sağlama olasılığı oldukça yüksektir.

## 2.7. Finansal Etki

Yazılım geliştirme alanında çalışan uzmanlara istihdam sağlayacağı gibi yazılımların pazarlama, lisanslama, bakım, onarım ve eğitimi gibi çeşitli yan sektörlerde de istihdam sağlayacaktır. Enerji kimlik belgelerinin yaygınlaşması ile yazılım ve yan sektörlerin canlanacağı öngörülmektedir. Yazılım üretimi istihdam sağladığı gibi; yazılımların büyük ölçüde insan gücü ile yapılan işlemleri yerine getirmesi sayesinde iş gücü tasarrufu sağladığı bilinmektedir. İnsan gücünden yazılım kullanımına geçişi sağlamak için çeşitli teşvikler ve promosyonlar sağlanabilmektedir.

## 3. ÇOK KULLANILAN BİNA ENERJİ YAZILIMLARI

Bina enerji analiz hesaplamaları ile, bina yükleri belirlenerek HVAC sistem tasarımı yapılmakta ve tasarımı yapılan cihazların enerji tüketim değerleri belirlenerek, binanın enerji maliyeti yıllık, aylık veya saatlik olarak hesaplanmaktadır. İlk dönemlerde kullanılan programlar daha çok HVAC ekipman tasarımı için düşünülmüşken, günümüzde artık daha sıklıkla ve hem tasarım için kapasite hesaplarını hem de tasarımı gerçekleştirilen HVAC ekipmanlarının işletim maliyetlerinin hesabını gerçekleştiren detaylı hesaplama kabiliyeti yüksek programlar kullanılmaktadır [9]. Binayı; bina geometrisi, bina kabuğu ve konumu gibi mimari ve yapı özellikleri, HVAC sistemleri ve bunların işletim şekilleri ile bütün

olarak ele alan bu programlar kullanıcılara, tasarladıkları binanın ne kadar enerji ihtiyacı olduğunu, ne kadar CO<sub>2</sub> salınımı yaptığını, sayısal çıktılar vererek inşaat aşamasından önce görüntüleyebilmektedirler. Böylece bu programların kullanımı ile alternatif sistemler arasında gerek ilk yatırım gerekse işletme açısından optimum çözüm elde edilmektedir. Temel bina hizmetleri ve HVAC sistemlerinin performanslarının iyi anlaşılması ve optimize edilmesi enerji tasarrufu elde edilebilmesi için son derece önemlidir [1].

Bir binanın enerji analizi yapılırken 5 ana unsur hesaba katılır [10]. Bunlar sırasıyla,

1. Binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanması,
2. Net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden olan kayıpları ve sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminin belirlenmesini,
3. Havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesi,
4. Binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak, günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanması,
5. Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasıdır.

Bu unsurlar, bina mimari ve yapı özellikleri, hava koşulları, bina iç yük özellikleri ve kullanılan HVAC ekipmanlarının kısmi yük davranış ve verimleri ile sürekli değişken bir hal almaktadır. Dolayısıyla bina enerji hesaplamaları dinamik özellik taşıyıp, doğru sonuçlar için saatlik hesaplamalar yeterli olmaktadır. Ülkemizde de, 18/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa dayanılarak 2008 yılında çıkarılan “Bina Enerji performansı” yönetmeliğiyle binalarda enerji verimliliğinin artırılması ve bu çerçevede binaların sertifikalandırılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda BEP-TR olarak adlandırılan yazılım 01/01/2011 tarihi itibarı ile bina enerji performansı belirlenmesinde kullanılmaya başlanmıştır. BEP-TR de kullanılan hesaplama yöntemi, “basit saatlik dinamik yöntem”dir [8, 10].

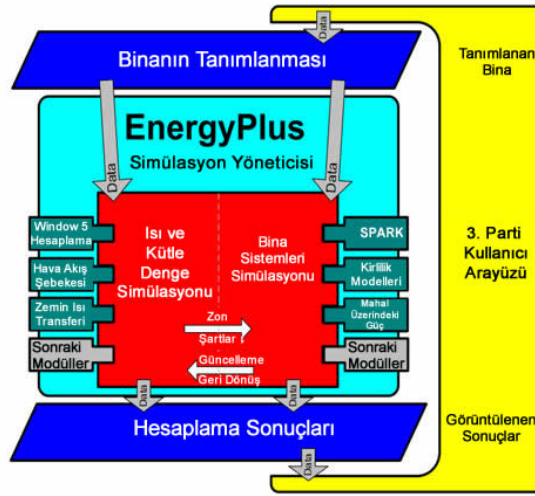
Binalarda enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilirlik değerlendirmesi için çok sayıda yazılım araçları mevcuttur. ABD Enerji Bakanlığının yürüttüğü Bina Teknolojileri Programı'nın [7] web sayfasında 392 adet enerji yazılımı tanıtarak, bu yazılımların veritabanları, komponent ve sistem analizleri, tüm binanın enerji performansı ilgili bilgiler ile yazılımın programlama dili, güçlü ve zayıf yönleri, teknik iletişim ve kullanılabilirlik gibi değerlendirmeler verilmektedir.

Enerji simülasyon yazılımlarının geçerliliğini belirlemek için çeşitli yöntem ve test teknikleri mevcuttur. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından geliştirilen “bina enerji simülasyon testi yöntemi (BESTest)” ile enerji simülasyon yazılımları test edilebilir [11]. BESTest ile birçok simülasyon yazılımlarının sonuçları karşılaştırılabilmektedir. Benzer şekilde bina enerji analiz programlarının değerlendirilmesinde ASHRAE standart 140-2007'de [12] bir yöntem sunulmaktadır. EnergyPlus yazılımı analitik, karşılaştırmalı ve çalışma test sonuçlarına göre yapılan değerlendirmelerde, EnergyPlus ile elde edilen sonuçların diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğunu göstermiştir [3, 4]. Bu değerlendirmelerin dışında, literatürde ayrıca özel çalışmalarda vardır. Bu çalışmalardan birinde, bina enerji performans tahmininde yapay sinir ağları kullanılarak, gerçek ölçümler ile bina performans simülasyon sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar bina enerji tüketiminin ortalama %3 mutlak hata ile tahmin edildiğini göstermiştir [13].

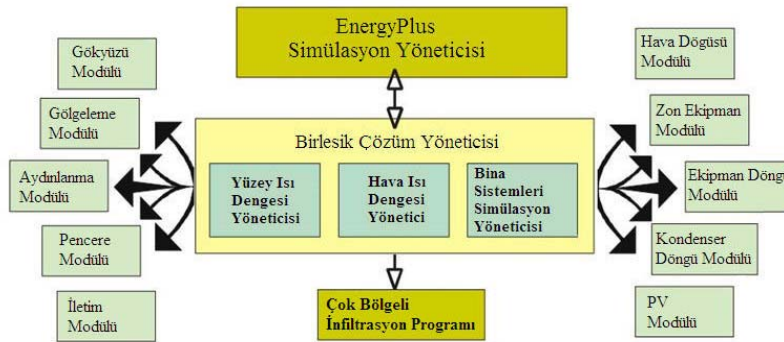
Bugün ülkemizde, EnergyPlus başta olmak üzere HAP en çok bilinen enerji simülasyon programlarıdır. EnergyPlus, proje aşamasında ya da mevcut binaların ısıtma, soğutma ve havalandırma yüklerinden kaynaklanan enerji tüketimlerini, dinamik olarak hesaplayan bir simülasyon programıdır. EnergyPlus; DOE-2 ve BLAST programları temel alınarak geliştirilmiş, yüksek hesaplama kapasiteli bir bina enerji simülasyon programıdır. EnergyPlus sayesinde tasarım aşamasında olan yeni binaların veya iyileştirme yapılması düşünülen mevcut binaların enerji performansı, inşaattan önce görüntülenebilmekte ve böylece mimar veya mühendis olası senaryoların hepsini test ederek proje için en uygun olanını seçebilmektedir. EnergyPlus aynı zamanda, Enerji ve çevre tasarımı olarak adlandırılan LEED (The Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikasyonu için gerekli bina enerji modellemesine çıktı veren, USGBC (U.S. Green Building Council) tarafından tanınan programlar içinde en yaygın kullanılanıdır.

Şekil 1’de EnergyPlus yazılımının program yapısı gösterilmiştir. EnergyPlus üç temel yapıdan oluşur; simülasyon yöneticisi, ısı ve kütle denge simülasyon modülü ve bina sistem simülasyon modülü [4]. Simülasyon yöneticisi tüm simülasyon proseslerini kontrol etmektedir (Şekil 2).

EnergyPlus programına veri girişleri (bina yapı, HVAC ekipmanları, hava verileri) IDF Editor yardımıyla girilmektedir. IDF-Editor’e tüm veriler tek tek girilmekte ve çok uzun süren bir işlemdir. Bu sebeple EnergyPlus için 3. Parti bir ara yüz programına ihtiyaç duyulmaktadır. Programlamacılar tarafından EnergyPlus için geliştirilen ara yüz programlarından Design Builder, EP-Quick, EP-Interface, bu programlardan bazılarıdır. Design Builder programı EnergyPlus’un en etkili ara yüz programıdır. Design Builder; binanın enerji, karbon salınım, aydınlatma ve konfor denetimi için geliştirilmiş bir görsel simülasyon programıdır. Design Builder kullanılarak EnergyPlus için gereken IDF dosyaları oluşturulmakta, bina modeli hazırlanabilmekte ve enerji analizi için model üzerinde gerekli düzeltmeler yapılabilmektedir. Ülkemizde EnergyPlus ve Design Builder programlarının kullanımına yönelik olarak bazı firmalar tarafından çeşitli kurslar düzenlenmektedir.



Şekil 1. EnergyPlus Yazılımının Program Yapısı



Şekil 2. EnergyPlus Yazılımının Simülasyon Yöneticisi Yapısı

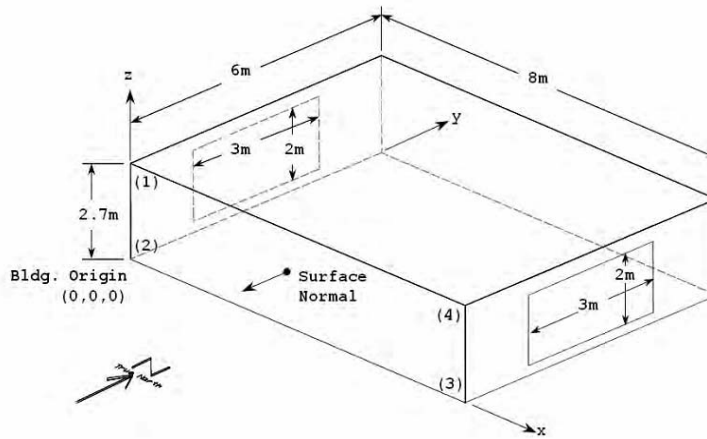
Hourly Analysis Program (HAP), Carrier’ın HVAC tasarım programı olan E20-II ailesinin bir parçasıdır. HAP ticari binalarda HVAC sistemlerinin tasarımı için çok yönlü özellikler sağlamaktadır. HVAC sistemlerinin tasarım ve analizleri çok rahatça yapılabilmektedir. HAP binanın ısı transferini yüklerini, hava sisteminin ve cihazların çalışmasını hesaplamak için yılın 8760 saati hava verilerini kullanarak gerçek bir saatlik enerji analizini gerçekleştirir. Bina ısı akışını hesaplamak için ASHRAE Transfer Fonksiyon Metodu kullanılır [14]. Bileşen yüklerini, saatlik yük profillerini, detaylı saatlik performans verilerini ve psikrometrik diagramları sağlayan ilave raporlar da sağlanabilir. Ayrıca tasarım

alternatifleri içerisinde enerji tüketimi ve çalışma maliyetlerini karşılaştırma olanağı sağlayan güçlü enerji olanakları sunmaktadır. Simülasyon sonuçlarını ihraç etmek için, sonuçları basit bir hesap çizelgesinin içine yerleştirerek bir ASCII dosyası yapar. Girilen veriler ve sistem tasarım hesaplarından elde edilen sonuçlar doğrudan enerji çalışmalarında kullanılmaktadır [15]. Genel olarak HAP enerji analizi ASHRAE 90.1'e uygun olarak Enerji Maliyeti Bütçesi'nin minimum koşullarını fazlasıyla karşılar. Proje tasarımı yapacak kişi ve firma yetkililerinin HAP programını etkin olarak kullanabilmelerini sağlamak için Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (TTMD) tarafından çeşitli eğitimler düzenlenmektedir.

Bu programların dışında özellikle yenilenebilir enerji projelerinin analizinde yaygın olarak kullanılan programların başında RETScreen ve Solar Design Tool programları gelmektedir [2, 16].

#### 4. ÖRNEK UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde örnek bir bina formu için binanın ısıtma ve soğutma yükü analizi EnergyPlus yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Bu amaç için hesaplamalarda İstanbul ilinde seçilen bir ofis binası dikkate alınmıştır. Şekil 3'te bu yapının mimari planı gösterilmiştir. Binanın kullanım alanı 48 m<sup>2</sup> ve hacmi 129.6 m<sup>3</sup>'tür.



Şekil 3. Örnek Uygulama İçin Bina Formu

Simülasyon için gerekli veri girişleri bu örnekte IDF Editor ile gerçekleştirilmiştir. Simülasyon için gerekli veriler Tablo 1, 2, 3, 4 ve 5 sunulmuştur. Simülasyonun yapıldığı yere ait coğrafik bilgiler Tablo 1'de, örnek uygulama için seçilen yapının yapı elemanlarına ait bilgiler Tablo 2 ve 3'te verilmiştir. Opak yüzeylere ait hesaplamalarda kullanılacak çeşitli büyüklüklerin değerleri Tablo 4'te sunulmuştur. Tablo 5'te yapı elemanlarının (duvar, çatı) yönlerine göre kullanım alanları ve pencerelere oranları verilmiştir. Ofis binasının aydınlatma gücü 1000 W'dir. Mahal ısıtma ve soğutması havalı iklimlendirme sistem sistemi ile yapılmaktadır. Isıtma ve soğutma için sıcaklık set değerleri sırasıyla 20 °C ve 24 °C'dir.

Tablo 1. Simülasyonda Kullanılan Çeşitli Özellikler

Program versiyonu	EnergyPlus 6.0.0.023
İl	İstanbul
Enlem [derece]	40.97
Boylam [derece]	28.82
Rakım [m]	37.00
Saat dilimi	2.00
Simülasyon süresi [saat]	8760.00



**Tablo 2.** Bina Yapı Elemanları Özellikler

Yapı elemanı	Kalınlık [m]	İletkenlik [W/mK]	Yoğunluk [kg/m <sup>3</sup> ]	Özgül ısı [j/kgK]
DUVAR				
Dış sıva	0.0254	0.72	1856	840
Tuğla	0.1016	0.89	1920	790
İç sıva	0.0095	0.58	800	1090
ÇATI				
200 mm Beton	0.2032	0.72	800	920
İç sıva	0.0095	0.58	800	1090
TABAN				
100 mm Beton	0.1015	1.73	2243	837

**Tablo 3.** Pencere Özellikleri

Pencere	Yapı ı	Açıklık alanı [m <sup>2</sup> ]	U değeri [W/m <sup>2</sup> K]	Güneş ısı Kazanç katsayısı (SHGC)	Geçirgenlik katsayısı	Gölgeleme	Azimut Açısı [derece]
Doğu	Çift cam	6.00	3.610	0.697	0.781	Yok	90
Batı	Çift cam	6.00	3.610	0.697	0.781	Yok	270

**Tablo 4.** Opak Yapı Elemanlarına Ait Çeşitli Değerler

Opak yapı elemanı	Yansım a katsayısı	U değeri [W/m <sup>2</sup> -K]	Alan [m <sup>2</sup> ]	Azimut Açısı [derece]
Kuzey duvar yüzeyi	0,30	3.169	21.60	0
Doğu duvar yüzeyi	0,30	3.169	16.20	90
Güney duvar yüzeyi	0,30	3.169	21.60	180
Batı duvar yüzeyi	0,30	3.169	16.20	270
Zemin yüzeyi	0,35	3.314	48.00	180
Çatı yüzeyi	0,30	2.053	48.00	180

**Tablo 5.** Yapı Elemanlarının Pencere-Duvar Oranı

	Toplam	Kuzey	Doğu	Güney	Batı
Duvar alanı [m <sup>2</sup> ]	75.60	21.60	16.20	21.60	16.20
Pencere alanı [m <sup>2</sup> ]	12.00	0.00	6.00	0.00	6.00
Duvar/Penc. oranı [%]	15.87	0.00	37.04	0.00	37.04
Çatı alanı [m <sup>2</sup> ]	48.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Çatı penceresi alanı [m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Çatı penc./Çatı oranı [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Bina enerji analizi için, IDF Editor ile bina ve HVAC sistemine ait gerekli veri girişleri sağlandıktan sonra, elde edilmek istenen analiz sonuçlarına göre Energy Plus'tan sonuç dosyaları seçilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada örnekleme açısından Tablo 6, 7, 8 ve 9'da sonuçlar sunulmuştur. Ancak simülasyon gerçekleştiren kullanıcının istediği sonuçları, örneğin aylık veya

saatlik analiz sonuçlarını, simülasyon çıktısı olarak elde edebilmektedir. Tablo 6, 7, 8 ve 9’da verilen sonuçlar, örnek binanın enerji kullanım performansına ait bazı sonuçları içermektedir.

**Tablo 6.** Yıllık Periyotta Binanın Toplam Enerji Performans Değerleri

	Toplam enerji [GJ]	Enerji/Bina toplam alanı [MJ/m <sup>2</sup> ]	Enerji/Binanın kullanılan alanı [MJ/m <sup>2</sup> ]
Toplam bina enerjisi	45.56	949.17	949.17
Net bina enerjisi	45.56	949.17	949.17
Toplam enerji kaynağı	137.85	2871.79	2871.79
Net enerji kaynağı	137.85	2871.79	2871.79

**Tablo 7.** Çeşitli Amaçlar İçin Kullanılan Enerji Tüketim Değerleri

	Elektrik [GJ]	Doğal gaz [GJ]	Diğer yakıtlar [GJ]	Soğutma [GJ]	Isıtma [GJ]	Su [m <sup>3</sup> ]
Isıtma	0.00	0.00	0.00	0.00	26.36	0.00
Soğutma	0.00	0.00	0.00	8.36	0.00	0.00
İç aydınlatma	10.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dış aydınlatma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
İç ekipman	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dış ekipman	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pompa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nemlendirme	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Isı dönüşümü	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su sistemleri	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Buzdolabı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jeneratör	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOPLAM	10.58	0.00	0.00	8.36	26.36	0.00

**Tablo 8.** Elektrik Enerjisi Kullanım Miktarı ve Yük Karşılama Oranı

	Elektrik [GJ]	Elektrik yüzdesi [%]
Yakıt yakmalı güç jeneratörü	0.00	0.00
Yüksek jeotermal sıcaklık	0.00	0.00
Fotovoltaik güç	0.00	0.00
Rüzgâr gücü	0.00	0.00
Şebekeden gelen elektrik	10.58	100.00
Şebekeye giden elektrik	0.00	0.00
Net şebeke elektriği	10.58	100.00
Bina ve şebekeden gelen net elektrik	10.58	100.00
Toplam elektrik kullanımı	10.58	100.00



**Tablo 9.** Birim Alanı Başına Enerji Kullanımı

	Elektrik [MJ/m <sup>2</sup> ]	Doğal gaz [MJ/m <sup>2</sup> ]	Diğer gazlar [MJ/m <sup>2</sup> ]	Soğutma bölgesi [MJ/m <sup>2</sup> ]	Isıtma bölgesi [MJ/m <sup>2</sup> ]	Su [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
Aydınlatma	220.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	179.65	549.08	0.00
Diğer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	220.44	0.00	0.00	179.65	549.08	0.00

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada “uygulama yazılımları” olarak sınıflandırılan bina enerji yükü hesaplama yazılımlarından EnergyPlus, DesignBuilder ve HAP programları kullanım açısından incelenmiş ve Energy Plus ile örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Enerji verimliliği kapsamında günümüzde özellikle ülkemizde oluşturulmaya gayret edilen enerji bilincine paralel olarak kullanımı giderek artan bu programların kullanıcılara kolayca ulaştırılması ve bu programlardan kolayca gerekli çözümlerin üretilmesi büyük önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra, üretilen çözümlerin güvenilir olması en büyük beklentidir. Bu alanda kullanılan önemli yazılımların bu beklentiye rahatlıkla karşıladığı ifade edilebilir.

Ülkemizin tesisat ve bilişim alanlarında uzman personel olarak önemli bir potansiyeli mevcuttur. Bu iki büyük sektörün ortak çözüm için bir araya getirilerek, ülkemiz için gerekli enerji yazılımları ortaya çıkarılmalıdır. Bu yazılımlar yeni geliştirileceği gibi başlangıçta, dünya ölçeğinde kabul görmüş yazılımların ülke şartlarına uyarlamaları da olabilir. Bu şekilde dışa bağımlılık azaltılacağı gibi, ülke gelişimi için oldukça önemli olan bu alanda istihdam da sağlanacaktır. Dolayısıyla, ülkemizde enerji politikalarını yönlendiren kurumlar, üniversite ve özel sektörün enerji yazılımları geliştirmeye yöneltmelerini sağlayacak politikalar üretmelidirler.

## KAYNAKLAR

- [1] TIANZHEN H., CHOU S.K., BONG T.Y., “Building simulation: an overview of developments and information sources”, Building and Environment 35 (2000) 347-361.
- [2] RETScreen, <http://www.retscreen.net/>
- [3] ENERGYPLUS, <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
- [4] CRAWLEY D.B., LAWRIE L.K., WINKELMANN F.C., BUHL W.F., HUANG Y.J., PEDERSEN C.O., STRAND R.K., LIESEN R.J., FISHER D.E., WITTE M.J., GLAZER J., “EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program”, Energy and Buildings 33 (2001) 319-331.
- [5] ROOFWEB, <http://www.carmelsoft.com/new/Software/>
- [6] CARMEL, [http://www.carmelsoft.com/new/Software/Software\\_Mobile\\_ListAll.aspx](http://www.carmelsoft.com/new/Software/Software_Mobile_ListAll.aspx)
- [7] U.S. Department of Energy, [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/)
- [8] BEP-TR, <http://bep.yigm.gov.tr/>
- [9] PARADIS R., “Energy analysis tools”, Steven Winter Associates, Inc. <http://www.wbdg.org/resources/energyanalysis.php>
- [10] Bayındırlık İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Binalarda Enerji Verimliliği Şube Müdürlüğü, “Binalarda enerji performansı yönetmelik, hesaplama yöntemi, referans bina ve enerji sınıflandırması, yazılım, süreçler”, Aralık 2009
- [11] NEYMARK J., JUDKOFF R., KNABE G., LE H.T., DÜRIG M., GLASS A., ZWEIFEL G., “Applying the building energy simulation test (BESTEST) diagnostic method to verification of space

conditioning equipment models used in whole-building energy simulation programs”, Energy and Buildings 34 (2002) 917–931

- [12]ASHRAE, BSR/ASHRAE Standard 140P, Standard method of test of the evaluation of building energy analysis computer programs, ASHRAE, Atlanta, GA, 2007.
- [13]YEZİORO A., BING B., LEITE F., “An applied artificial intelligence approach towards assessing building performance simulation tools”, Energy and Buildings 40 (2008) 612–620.
- [14]“8760 saatlik bina enerji analizi”, Alarko Carrier Teknik bülten, Mayıs 2007 sayı 21.
- [15]“Carrier’in HAP Programı”, Alarko Carrier Teknik bülten, Temmuz 2007 sayı 23.
- [16]SOLARDESIGN, SolarDesignTool.com

## ÖZGEÇMİŞ

### Mehmet Azmi AKTACİR

2005 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora öğrenimi tamamladı. 1993–2000 yılları arasında Harran Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde, 2000–2005 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2007 yılında Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ABD’na Yrd. Doç. Dr. olarak atandı. İklimlendirme sistemi uygulamaları, Fotovoltaik sistem uygulamaları ve Bina enerji analizleri başlıca çalışma alanlarıdır. Harran Üniversitesi Makina Mühendisliği bölüm başkan yardımcılığı ve Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (HÜGEM) müdür yardımcılığı görevlerini yürütmektedir. TTMD ve MMO üyesidir.

### Mehmet Akif NACAR

Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünden mezun olduktan sonra, 1996 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1998 yılında Gazi Üniversitesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi yüksek lisans programından mezun olduktan sonra akademik çalışmalarına 1999 yılından itibaren ABD’ de devam etmeye başladı. 2000 yılında Syracuse Üniversitesi Bilgisayar Müh. Yüksek lisans, 2008 yılında Indiana Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği alanında doktora derecesini aldı. 2001 ve 2008 yılları arasında Indiana Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2008 yılında Harran Üniversitesi Bilgisayar Müh. Bölümüne Yrd. Doç. Dr. olarak atandı. Harran Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölüm başkanlığı ve Harran Üniversitesi Bilgi İşlem Araştırma ve Uygulama Merkezi (HÜBİM) müdürlüğü görevlerini yürütmektedir.

### Bülent YEŞİLATA

Doktora çalışmasını 1999 yılında Amerika’nın Pennsylvania eyaletindeki Lehigh Üniversitesi’nde tamamladı. Uzmanlık konuları termo-enerji ve termo-akışkan sistemler kapsamında olup; belirtilen konularda, önemli bir kısmı uluslararası seviyede saygın dergilerde yayınlanmış çok sayıda bilimsel esere sahiptir. 2002–2003 yılları arasında Massachusetts Institute of Technology (MIT)’de ziyaretçi araştırmacı olarak çalışmıştır. 2004 yılında Doçent, 2009 yılında ise Profesör unvanı almaya hak kazandı. Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi dekanlığı ve Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (HÜGEM) müdürlüğü görevlerini yürütmektedir.