

# MAKALE

## YÜKSEK PERFORMANSLI BİNA TASARIMINDA DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN YARATTIĞI FIRSATLAR

Opportunities Created by Dijital Transformation  
in High Performance Building Design

Gülsu ULUKAVAK HARPOTLUGİL

*\*Bu makale, 26-29 Nisan 2023 tarihleri arasında gerçekleştirilen  
15. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi'nde (TESKON 2023) sunulmuş ve bildiri kitabında yayınlanmıştır.*

### HAKEMLER\*\*

A. İbrahim ATILGAN, Yrd. Doç. Dr.  
Abdülvahap YİĞİT, Prof. Dr.  
Ahmet CAN, Prof. Dr.  
Ali GÜNGÖR, Prof. Dr.  
Arif HEPBAŞLI, Prof. Dr.  
Aytunç EREK, Prof. Dr.  
Bedri YÜKSEL, Prof. Dr.  
Dilek KUMLUTAŞ, Prof. Dr.  
Fikret PAZIR, Prof. Dr.  
Hüsamettin BULUT, Prof. Dr.  
İlhan Tekin ÖZTÜRK, Prof. Dr.  
İsmail KARAÇALI, Prof. Dr.  
M. Barış ÖZERDEM, Prof. Dr.  
M. Turhan ÇOBAN, Doç. Dr.  
Macit TOKSOY, Prof. Dr.

Mehmet KANOĞLU, Prof. Dr.  
Moghtada MOBEDİ, Doç. Dr.  
Muhsin KILIÇ, Prof. Dr.  
Mustafa ACAR, Prof. Dr.  
Olca KINCAI, Prof. Dr.  
Orhan BÜYÜKALACA, Prof. Dr.  
Ramazan KÖSE, Prof. Dr.  
Rasim KARABACAK, Prof. Dr.  
Recep YAMANKARADENİZ, Prof. Dr.  
Selami KESLER, Yrd. Doç. Dr.  
Serhan KÜÇÜKA, Prof. Dr.  
Y. Onur DEVRES, Prof. Dr.  
Tuncay YILMAZ, Prof. Dr.  
Turan ERKAN  
Yunus ÇERÇİ, Prof. Dr.

\*\*Alfabetik olarak sıralanmıştır. Makale/Makaleler, kurulda yer alan ve değerlendirme yapmak üzere seçilen hakemler tarafından incelenmiştir.

## ÖZET

Yüksek Performanslı Binalar (High Performance Buildings), çağdaşları ile karşılaştırıldığında, çoğundan ölçülebilir derecede daha iyi performans gösteren binalardır. Bina tasarımı, mühendisliği ve inşaatında en son teknolojiyi temsil ettikleri için, kullanıcılarının sağlığı ve refahını koruma, yatırımın geri dönüşünü sağlama, sınırlı doğal kaynakların verimli kullanımını sağlama ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirme yönünde öncü bir işlevi vardır. Sosyal konutlardan, prestijli ofis binalarına kadar geniş spektrumdaki herhangi bir bina tipi "yüksek performanslı bina" olabilir.

Yapı sektöründe, "yüksek performanslı bina" elde edebilmek, bütünleşik tasarım ve sistem çözümü anlayışı ile, tasarım süreci başından itibaren performansın değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Günümüzde, disiplinlerarası çalışmayı kolaylaştıran, tasarım süreci boyunca tasarım kararlarının ve dolayısıyla bina performansının değerlendirilmesine yönelik olarak sayısal uygulamalar (bina performans modelleme/ simülasyon araçları) giderek önem kazanmaktadır.

Bu bildiride, yüksek performanslı bina elde etme sürecinin, dijital platformda yürütülmesinin yaratacağı avantajlar ele alınacaktır. Farklı disiplinlerin, aynı platform üzerinde tasarımın gelişmesine ve iyileştirilmesine sunacağı katkının değerlendirilmesi, tasarımda karar alma sürelerine ve maliyetlere olan etkisinin tartışılması ile, bina elde etme sürecinin bütünüyle dijital dönüşümünün yaratacağı fırsatların ortaya çıkartılması hedeflenmektedir.

*Anahtar Kelimeler: Yapı performansı, Yüksek performanslı bina, Performans analizi, Modelleme, Simülasyon*

## ABSTRACT

High Performance Buildings are buildings that perform better than most compared to their contemporaries. As they represent the latest technology in building design, engineering and construction, they have a pioneering function in protecting the health and well-being of their users, ensuring return on investment, ensuring efficient use of limited natural resources and minimizing negative impacts on the environment. Any building type in a broad spectrum, from social residences to prestigious office buildings, can be a "high performance building". In the building sector, obtaining a "high performance

building" requires an integrated design and system solution approach to evaluate the performance from the beginning of the design process. Today, software applications (building performance modeling / simulation tools) are becoming increasingly important for the evaluation of design decisions and therefore building performance during the design process. In this paper, the advantages of running the high-performance building process on the platform formed by modeling tools and simulation software will be discussed. By evaluating the contribution of different disciplines to the development and improvement of design on the same platform it is aimed to reveal the opportunities to be created by the digital transformation of the building design process.

*Key Words: Building performance, High performance building, Performance analysis, Modelling, Simulation.*

## 1. GİRİŞ

Dünyada son 20 yılda önemli değişimler gerçekleşti. İkibinli yıllara yaklaşırken, uzak bir gelecekte dünyayı bekleyen çevresel sorunlar ve iklim değişiminin yaratacağı olumsuzluklardan söz edilmekte ve önlem alınması gerektiği dillendirilmekteyse de, dünya tüm öngörülerle beklenenden çok daha kısa sürede karşılaştı. Dünyanın sıcaklığının artması ile birlikte, aşırı iklim koşullarının oluştuğu, kuraklık ve orman yangınlarının arttığı, deniz seviyesinin yükseldiği, ekosistemlerin değiştiği bir dünya ile karşı karşıya kalındı. Atmosferdeki karbon emisyon miktarının geri dönüşsüz seviyelerde artması, küresel ısınma ve yarattığı iklim değişiminin hissedilir ölçüde tüm dünyayı etkisi altına alması, dünyanın geleceği hakkındaki endişelerin daha yüksek sesle dile getirilmesine, ülkeler ve devletler bazında ortak görüş ve zorunlu işbirliklerinin oluşmasına neden oldu. Bu koşullarda, yapılı çevreyi inşa etmekten sorumlu profesyonellerin, gelecek için derhal acil eylem planları geliştirmeleri gerekliliği ortaya çıktı. Dahası, COVID-19 salgını yeni bir tehdit olarak baş gösterdi ve dünyayı etkiledi. COVID-19 salgını ilk değil ve pandemiye neden olan son virüs olmadığı da bilinen bir gerçektir. Bu yüzden neden olduğu sorunlara da hazırlıklı olmak gerekmektedir. Bunu sadece sağlıkçıları ilgilendiren bir konu olarak ele almak son derece yanlış olur. Sağlıklı bir çevreden sorumlu profesyonellerin tüm bakış açılarını ve uygulama pratiklerini değiştirecek yeni bir yaklaşıma gereksinimi vardır. Bu bağlamda, yapılı çevredeki konfor ve sağlık koşullarını dikkate alan bir yaklaşım, zaman kaybetmeden yaygın bir şekilde uygulamaya konulmalıdır.

Tarım, atık ve ulaşım sektörü ile birlikte bina sektörünün karbon emisyonlarına büyük katkı sağladığı bilinmektedir. IEA raporuna [1] göre, bina sektörü dünya çapında küresel nihai enerji tüketiminin %30'undan ve enerji ile ilgili CO<sub>2</sub> emisyonlarının %28'inden sorumlu görünmektedir. Türkiye'deki yapı sektörüne baktığımızda, resmi istatistiklerde [2] binaların toplam enerji tüketiminin yaklaşık %30'unu tükettiği görülmektedir. İmalat ve inşaat sektörü, konut ve hizmetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları yaklaşık %30-35 paya sahiptir. Bu bilgi bize, hem yeni binalar hem de mevcut bina stoku için binaların gelecek projeksiyonları hakkında daha fazla düşünmemiz için bir öngörü sağlamakta ve bize yapıyı çevre üzerindeki sorumluluğumuzu tekrar tekrar hatırlatmaktadır.

Ancak kötümser olmanın ve vazgeçmenin de hiç gereği yoktur. Hiçbir şey yapmamanın bedelinin daha ağır olacağı bilinciyle, geleceğimiz için bir şans yaratacak birçok fırsatı değerlendirmeye ihtiyaç vardır.

Ülkeler, hükümetlerin 2030 veya 2050 projeksiyonları, artan yenilenebilir enerjinin yönünü, iklimle duyarlı / uyurlanabilir kentsel yerleşimleri, neredeyse sıfır enerjili bina ilkelerini, akıllı binaları ve günlük hayatımıza getirdiği teknolojiye yönelik çalışmalarını ve düzenlemelerini hızlandırmışlardır. Sadece yeni binalar için değil, mevcut binaların iyileştirilmesi ve uyumlandırılması için gerekenler de hızla devreye alınmaktadır.

Bu bağlamda, farklı ölçeklerde olmak üzere, bina ve bina sistemleri bazında yüksek performans hedeflerinin tanımlanması ve hem yeni binalar için, hem de mevcut binalar için sonuç performans odaklı yeni stratejilerin geliştirilmesine yönelinmiştir. En yüksek standarttaki sağlık ve konfor koşullarının, en düşük karbon emisyonu ile ve en yüksek kaynak verimliliğinde gerçekleştirilebilir kılınması hedeflenmektedir. Bu hedef, "yüksek performanslı bina" hedefidir. Bu çalışmada yüksek performansın tanımından başlamak üzere farklı yöntemlerinin bir değerlendirilmesi yapılmakta ve tasarımda gerçekleşen dijital dönüşümün yarattığı fırsatlar ve kısıtlar tartışmaya açılmaktadır.

## 2. YÜKSEK PERFORMANSLI BİNA TANIMI

Bir binanın performansı (veya verimliliği), fiziksel, sosyal veya çevresel bağlamda belirlenmiş kriterlere göre ne kadar iyi işletilebildiğinin ölçüsüdür [3]. Bir binanın ısı kayıp ve kazançları dengesi, hava ve su sızdırmazlığı, gürültü kontrolü, strüktürel performansı, kaynak kullanımı (su, enerji, malzeme), yangın

performansı vb. tüm parametrelere dayalı olarak değerlendirilebilir. Burada sadece binanın işletim süreci değil, binanın tasarımı ve inşası için gerekli kaynakların etkili bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı da bir performans ölçütü olarak ele alınabilir.

De Wilde [4] bina performansını şöyle tanımlamaktadır:

*"Bina performansı, bir nesne olarak bina veya bir inşaat süreci olarak bina ile ilgilidir. Bu yaklaşımın üç ana görüşü vardır: mühendislik, süreç ve estetik bakış açısı. Mühendislik görüşü, bir binanın görevini ve işlevlerini ne kadar iyi yerine getirdiğiyle ilgilidir. Süreç görüşü, inşaat sürecinin binaları ne kadar iyi ortaya çıkarttığı ile ilgilidir. Estetik görüş, bir sunum veya takdir biçimi olarak binaların başarısıyla ilgilidir."*

Bu tanımdan yola çıkarak, bu çalışma kapsamında bina performansı bir mühendislik bakış açısı ile değerlendirilmektedir. Burada, binanın tüm sistemlerinin entegre bir bütün olarak tek bir performans hedefine yönelik en iyi şekilde çalışması beklenmektedir. Performansa dayalı değerlendirmede binanın amaca yönelik işlevi barındırması gerekir. Bu bağlamda tasarım aşaması son derece önemlidir, çünkü binanın kullanım sürecindeki performansını belirleyecek pek çok karar bu aşamada alınmaktadır.

"Yüksek performanslı bir bina" tasarlayabilmek için, binanın amaçlanan kullanımı tam karşılması, bir başka deyişle tasarımcıların kullanıcı gerekliliklerini tam olarak anlaması son derece önemlidir, ancak yeterli değildir. Tasarımcı aynı zamanda binanın kullanıcı gerekliliklerini karşılamak için hangi özelliklere sahip olması gerektiğini de anlamış olmalıdır.

Burada iki farklı dilden söz edilebilir. Kullanıcı ihtiyacı dili, kullanıcının iyi anladığı ve çoğunlukla işleve yönelik gerekliliği ortaya koyan bir dildir. Binanın ihtiyaç programında yer alan gereksinimleri çoğunlukla mekanın kullanımını tarif eden, işlevin mekansal karşılığının belirlendiği kısa bilgi notlarıdır: 25 kişilik, farklı oturma düzeninde hizmet verebilecek bir toplantı salonu gibi. Diğer yandan gerekliliği sıradan bir kullanıcı için bir anlam ifade etmeyen, uzmanlık dilidir ve kullanıcı ihtiyacını performans gerekliliğine çevrilmesini gerektirir. Aynı toplantı salonu için bu kez ortam sıcaklığı, hava hareket hızı, ihtiyaç duyulan taze hava miktarı, masa üstü aydınlık düzeyi, arka plan gürültü seviyesi gibi farklı uzmanlıkları ilgilendiren bir dizi gereklilik ortaya çıkmaktadır (Tablo 1) [5].



Tablo 1. Kullanıcı ihtiyacı ile performans gereksinimi karşılaştırması [5]

Kullanıcı ihtiyacı	Performans gereksinimi
En fazla 25 kişi ile farklı oturma düzeninde (yuvarlak masa veya derslik) toplantı yapabilmeye imkanı sağlayacak bir mekan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gereken mekan: 3m<sup>2</sup>/kişi</li> <li>- mekan biçimi: en/ boy oranı &lt; 1.5:1</li> <li>- havalandırma: her bir kişi ve her saat için 30 m<sup>3</sup> taze hava</li> <li>- iç ortam hava sıcaklığı: 19°C &lt; t &lt; 21°C</li> <li>- arka plandaki gürültü düzeyi (dış ortam kaynaklarıyla oluşan): en fazla 35dB(A)</li> <li>- reverberasyon süresi: 0.8 – 1.0 sn</li> <li>- masa üstü aydınlatma düzeyi: en az 500 lux</li> </ul>

Bina performansının gereklilikleri tanımlanırken, binanın kullanımı sırasında gereken kalite düzeyinin belirlendiği unutulmamalıdır. Bunu sağlamaya yönelik olarak farklı yaklaşımlar tanımlamakta, ancak herhangi bir çözüm önerilmemektedir. Böylece, tasarım ve mühendislik sürecinde yaratıcı çözümlere imkan sağlanmaktadır.

Farklı pek çok disiplini ilgilendiren gereksinimlerin çözüme ulaştırılması ve bir bütün olarak performans gösterebilmesi için, binaların farklı dinamik koşullar altında işletildiği ve bu sürekli değişen koşullara cevap verebilir nitelikte tasarlanması gerektiği gözetilmelidir. Bu nedenle, yüksek performanslı binalar tasarlayabilmek için, çok disiplinli ve bütüncül bir tasarım süreci uygulanmalıdır.

Bütüncül yapı tasarımı, disiplinler arası paylaşımı esas alan, "bütünleşik tasarım (integrated design)" ve "bütünleşik ekip (integrated team)" gibi iki temel kavrama dayalı yürütülen bir süreçtir. Bütünleşik tasarım yaklaşımı, tasarım sürecine dahil olan tüm paydaşların (kullanıcı, işveren, teknik ekip, vb.) malzeme, sistem ve bileşen bazında proje hedeflerine pek çok farklı perspektiften bakabilmelerini gerektirir. Bu yaklaşım, aynı zamanda, geleneksel tasarım anlayışından ayrışarak; tasarım süreci boyunca birbirinden ayrı çalışma yürüten teknik ekibin çalışma yönteminin yön değiştirmesi /evrilmesi anlamına gelmektedir.

Bütüncül yapı tasarımı pratikte, bütünleşik ekip çalışmasını da getirmektedir. Tasarım sürecine dahil teknik ekip ve tüm paydaşlar sürecin en başından itibaren birlikte çalışarak, maliyet, yaşam kalitesi, esneklik, çevresel etki, üretkenlik, yaratıcılık ve kullanıcı konforu açısından tasarımı sürekli değerlendirebilmelidir.

Bina tasarımında, tam anlamıyla bütüncül bir yaklaşım gösterebilmek için, tasarım hedefleri birbirleri ile tam bir uyum ve denge içerisinde olacak şekilde ele alınmalıdır. Yüksek performanslı bina tasarımında gözetilmesi gereken başlıca hedefler; i) sürdürülebilirlik (çevresel etki, enerji, su ve malzeme korunumu), ii) sağlık ve konfor (kullanıcı memnuniyeti), iii) güvenlik, iv) maliyet etkinliği ve v) erişebilirlik olarak sıralanabilir. Ayrıca toplumsal ve kültürel bağlamın da gözetilmesi şarttır.

Bu sayılan hedeflerle ilişkili olmak üzere, binayı beş temel alt sistemde değerlendirmek gerekir. Bunlardan birincisi yapı kabuğudur. Yapı kabuğu, iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran yapı bileşenlerinden oluşan ve performansı pek çok açıdan etkileyen önemli bir alt sistemdir. İkincisi servis sistemleri olarak adlandırılan, binaya ait tüm mekanik sistemlerin (iklimlendirme, elektrikli sistemler, sıhhi tesisat, düşey sirkülasyon ve güvenlik) dikkate alındığı bir alt sistemdir. Üçüncü sistem olarak binanın düşey ve yatay, durağan ve hareketli yüklere karşı kararlılık sağlayan bina bileşenlerini içeren taşıyıcı sistemler dikkate alınmalıdır. Bu alt sistem, fiziksel performansın en önemli bileşenlerinden biridir. Dördüncü alt sistem iç bölmeler ve bitirmelere aittir. Konfor ve sağlık açısından dikkate alınmayı gerektiren tüm bileşenler (bölmeler, bitirmeler, aydınlatma, akustik, mobilya, vb.) bu alt sistemde yer alır. Son olarak arsa koşulları da bir alt sistem olarak gözetilmelidir. Peyzaj ve bina çevresi destek hizmetleri (otopark, drenaj, bitki örtüsü, vb.) ile iklimsel koşullar ve topoğrafya performansı belirleyen bir alt sistem olarak gözetilmelidir. Bu bina sistemlerinin entegrasyon potansiyelini analiz ederken, her bir sistemin tüm tasarım yaklaşımı içerisinde nasıl bir rol oynayacağını iyi anlaşılması gerekir. Burada söz konusu olan, sistemler ile ilişkili bazı

teorik bilgiler bütününe bilinmesi değildir. Sonsuz sayıdaki sistem kombinasyonu, sonsuz sayıdaki tasarım alternatifleri ile yine sonsuz sayıdaki yollarla entegre edilebilir. Burada söz konusu olan, bu beş temel sistemin belirleyici biçimde bina performansının iyileştirilmesinde etkin olması ve bu nedenle bir arada ele alınmak zorunluluğunda olunmasıdır.

### 3. PERFORMANS DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Bina performansının değerlendirilmesinde bir binanın kullanıcı ihtiyaçlarını ne oranda karşılayabildiği, bunun bina ihtiyacını tanımlayacak bir formüle nasıl getirilebileceğinin doğru tanımlanması gerekmektedir. Bunun niceliksel olarak belirlenmesinde bir dizi yöntemden bahsedilebilir. Bu yöntemlerin bazıları, yeni bina tasarımları için kullanılabilirken, bazıları da mevcut binalar için uygulanabilir. De Wilde [4] bu yöntemleri dört kategoride değerlendirmektedir: i) fiziksel test ve ölçüm, ii) hesaplama ve simülasyon, iii) uzman görüşü ve iv) paydaş görüşü.

#### 3.1. Fiziksel Test ve Ölçüm

Fiziksel test ve ölçüm genellikle en klasik yöntem olarak karşımıza çıkar. Burada bina işletimdeki canlı olarak binanın gözlenmesi ve test edilmesi söz konusudur. Bazen binanın sadece bir bölümü (bir alt sistemi) laboratuvar koşullarında kontrollü olarak test edilmekte veya ölçülmektedir. Bina bütününde, ölçek ve yüksek maliyet nedeniyle laboratuvar koşullarına dayalı test mümkün olmasa da, bazı hayati konularda (yangın güvenliği veya deprem) bütüncül teste gereksinim duyulabilmektedir. Ölçüm ve test koşulları belirli bir süre boyunca sürekliliği gerektiren kayıtlara (monitoring) dayalı gerçekleştirilmektedir.

#### 3.2. Hesaplama ve Simülasyon

Performans değerlendirmede hesaplama ve simülasyon uygulamaları özellikle yeni bina tasarımında en yaygın başvurulan yöntemlerden biridir. Binayı sanal olarak değerlendirmesi ve tasarımı yönlendirmeye imkan vermesi, tasarım sürecinde performans açısından çeşitli alternatifler arasından seçim yapabilmeyi kolaylaştırır. Mevcut binalar için de binaya fiziksel olarak erişmeyi gerektirmeden, uzaktan değerlendirmeye imkan verir. Simülasyon, önemli performans göstergelerinin yüksek maliyetli ölçümler olmadan analiz edilmesine olanak tanıyan

gerçek binanın bir soyutlamasıdır. Enerji talebi, iç mekan çevre kalitesi (termal ve görsel konfor, iç mekan hava kalitesi vb.), HVAC ve yenilenebilir sistem performansı, kentsel düzeyde modelleme, bina otomasyonu ve işletim optimizasyonu bina performans simülasyonunun önemli yönleridir [4,6-8].

Hesaplama ve simülasyon arasındaki en önemli fark, en fazla 10 değişkene kadar hesaplamaların el ile de yapılabilir olması ancak bunun ötesindeki her şeyin simülasyonla çözülebilmesidir. Örneğin tek bir modeldeki 10000 değişken simülasyon ile kolayca çözüme ulaştırılabilir.

#### 3.3. Uzman Görüşü

Alan uzmanlarınca, bilgi ve tecrübelerine dayalı değerlendirme, uzmanlık görüşünü içerir. Uzman görüşüne dayalı değerlendirmenin gerekli olduğu durumlarda gözetilmesi gereken bir kaç önemli nokta vardır. Öncelikle uzman görüşünde şeffaflık son derece önemlidir. Uzmanın kim olduğunun bilinmesi hangi araçları kullandığının açıklanması gerekir. Ayrıca uzmanın bağımsız olması, herhangi bir menfaate dayalı çalışma yürütmüyor olması şarttır. Önemli bir başka konu da tarafsızlıktır. Uzman görüşü herhangi bir ön yargı taşımamalıdır. Son olarak uzmanın görüşünü oluştururken doğrulama çalışmaları yürütülmeli ve ampirik kontrol yöntemleri kullanılmalıdır.

#### 3.4. Paydaş Görüşü

Binaların aslında kullanıcısı için inşa edildiği bilgisinden yola çıkarak kullanıcının merkeze alındığı bir paydaş görüşü üzerinden değerlendirme gerçekleştirilebilir. Her ne kadar burada subjektif (yanlı) bir değerlendirme olsa da, kişisel beklentiler ve memnuniyete dayalı paydaş görüşü, gerçek bina performansını temsil etmesi açısından değer taşır. Bu görüşün, genel geçer bir yargıya dönüştürülmesi, daha karmaşık bir süreci gerektirmektedir. Paydaş görüşüne dayalı değerlendirme, kullanım sonrası değerlendirme (post-occupancy evaluation-POE) olarak da bilinir.

### 4. DİJİTAL DÖNÜŞÜMDE FIRSATLAR VE KISITLAR

Yüksek performanslı bina elde etme hedefine dönük olarak, tasarım sürecinin başından itibaren disiplinler arası bir ekip çalışması ve bütünleşik





tasarım anlayışının gözetilmesinin gerekli olduğu artık bilinmektedir. Bu bağlamda, beklenen (hedeflenen) performansa erişebilmek için, farklı uzmanların aynı dili konuşabildiği, eş zamanlı veri alışverişinde bulunulabilen ve sürekli performans ölçümünün mümkün olabildiği bir ortamın oluşturulabilmesi şarttır. Bugün bilgisayar teknolojisinin geldiği noktada, çeşitli yazılımlar, söz konusu bu ideal ortamın oluşturulabilmesini sağlamaktadır. Yapı elde etme süreci, giderek daha fazla dijital platformlar üzerinden yürütülür hale gelmiştir. Yapı bilgi modellemesi (BİM) yazılımları sayesinde, bina malzeme ve bileşenleri ölçüğünde gereken performansın hesaplanabilmesini sağlayacak veri girişi mümkün olmakta, farklı uzmanların aynı model üzerinde üç boyutlu olarak verileri işleyebilmesi sağlanmaktadır.

Bugün halen gerçek performansın belirlenmesinde binanın inşa edilmiş ve kullanılıyor olması gerektiği düşünülse de, çok yakın bir gelecekte dijital ikiz uygulamasından daha fazla söz ediliyor ve yararlanılıyor olunacaktır. Bina elde etme süreci hızla dijitalleşmekte, hatta sadece tasarımı değil, işletimi de tamamen dijital bir işleyişe bırakılmaktadır. Dijital ikiz, bina sektörü için önemli bir dönüşümün fırsatını sunmaktadır. Şimdiye kadar, modelleme ve simülasyon aracılığı ile, sanal binayı, sanal değerlendirmeye tabi tutarak elde edilen verileri gerçek binada uygulamak ve benzer sonuçlar elde etmeyi beklemek söz konusu iken, dijital ikiz, fiziksel binayı tüm sistemleri ile birlikte eşleştiren, dinamik, öğrenen, etkileşimli bir teknoloji ile gerçek bina ve sanal binayı eşlemektedir. Modelleme ve simülasyon yoluyla binaların sonuçta ortaya çıkaracakları performansın önceden "tahmin edilmesi" mümkün iken, bu fırsat sayesinde gerçek binanın performansının "bilinmesi-denetlenmesi"yleştirilmesi" sağlanabilecektir.

Bu olağanüstü dönüşümün gerçekleşebilmesinin önünde şimdilik bir kaç zorluk bulunmaktadır. Bunlardan birincisi söz konusu teknolojiye erişim ve yaygın kullanım problemidir. Bu teknolojinin tam anlamıyla kullanılabilirliği olması, tasarım ve üretim ekibinin tüm paydaşlarının bu araçları kullanabiliyor olmasını gerekli kılar. Burada kullanım kolaylığı dışında, maliyet optimizasyonu ve hızlı üretim zorunluluğu önemli diğer iki faktördür. Ayrıca, yasal gereklilikler ve beklentilerin de, dijital dönüşüm ile elde edilen fırsatlara uyum sağlayacak

esnekliğe sahip olması beklenir. Özellikle, dinamik ve öğrenen bir teknoloji ile binaların dijital ikizlerinin oluşturulması ve nesnelere interneti (IoT) aracılığı ile sürekli izlenebilir olmasının getireceği yasal sorunlar/yükümlülükler net bir şekilde tanımlanmış olmalıdır.

## SONUÇ

Yüksek Performanslı Binalar, çağdaşları ile karşılaştırıldığında, çoğundan ölçülebilir derecede daha iyi performans gösteren binalardır. Bina tasarımı, mühendisliği ve inşaatında en son teknolojiyi temsil ettikleri için, kullanıcılarının sağlığı ve refahını koruma, yatırımın geri dönüşünü sağlama, sınırlı doğal kaynakların verimli kullanımını sağlama ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirme yönünde öncü bir işlevi vardır. Sosyal konutlardan, prestijli ofis binalarına kadar geniş çeşitli herhangi bir bina tipi "yüksek performanslı bina" olabilir.

Bina performansının değerlendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılabilir ancak bilgisayar teknolojisinin sağladığı olanaklar, bugün için çoğunlukla performans hedefine erişmede bilgisayarla modelleme ve simülasyonlardan yararlanmayı ön plana çıkarmaktadır. 1970'lerden bu yana, bina simülasyonundaki gelişme ve ilerleme, son 10 yılda bambaşka bir boyut kazanmış ve artık binayı tamamıyla etkileşimli, öğrenilebilir bir teknoloji aracılığı ile tasarımdan, uygulama ve kullanım süreçlerini de kapsayacak şekilde dijital ikiz aracılığıyla izleme ve değerlendirme imkanı sunar hale getirmiştir.

Yaşanabilir, sürdürülebilir, temiz bir gelecek için yapıları çevreden sorumlu profesyonellerin, teknolojinin sunduğu tüm imkanlardan yararlanarak, daha az kaynak tüketen ama daha yüksek yaşam standardı ve konforu vaadeden yüksek performanslı binaların gerçekleşmesini sağlamaları beklenmektedir. Bu noktada dijital dönüşüme direnmek yerine uyum yollarını aramak gerekmektedir.

Yakın gelecekte, bina performansı hakkındaki anlayışın değişmesi, bina tasarımı ve mühendislik hizmetlerinin tamamen dijital dönüşüme ayak uydurması beklenmektedir. Bunu destekleyecek nitelikte, sivil toplum kuruluşları, meslek odaları ile üniversiteler ve araştırma kuruluşları öncü projeleri hayata geçirecek, bina endüstrisine ilham veren çalışmalarına hız vermelidir. Yüksek Performanslı

Binalar hakkındaki mevcut teorinin bölgesel bağlamı gözeterek şekilde uyarlanması ve değiştirilmesi ile Türkiye'de yeni Yüksek Performanslı Binaların tasarımını ve yapımını teşvik etmeye yönelik yasal düzenlemelerin de hayata geçirilmesi önem taşımaktadır. Gerek eğitim, gerekse araştırma olanaklarının, yerel ve bölgesel bazda ele alınacağı, bir mükemmeliyet merkezi olarak çalışabilecek, araştırma ve uygulama merkezlerinin kurulması desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. ■

#### KAYNAKLAR

- [1]IEA, "World Energy Outlook 2019", <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>, 2019.
- [2]UNFCCC, 2019 Türkiye'nin Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu (NIR) 1990-2017, <https://unfccc.int/documents/194819>
- [3]REF\_WEB [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building\\_performance](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_performance)
- [4]de Wilde, P., "Building Performance Analysis" Chichester: Wiley-Blackwell, 2018.
- [5]Spekkink, D., "Performance Based Design of Buildings", PeBBu Domain 3 Final Report, Rotterdam, The Netherlands, 2005.
- [6]Clarke, J. A., Energy simulation in building design (2nd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.
- [7]Hensen, Jan., Lamberts, Roberto. Building performance simulation for design and operation. Abingdon, Oxon: Spon Press. 2011.
- [8] Clarke, J. A.; Hensen, J. L. M. "Integrated building performance simulation: Progress, prospects and requirements" Building and Environment. Fifty Year Anniversary for Building and Environment. 91: 294–306, 2015.

#### ÖZGEÇMİŞ

##### Gülsu ULUKAVAK HARPOTLUGİL

Gülsu Ulukavak HARPOTLUGİL, 1998'den bu yana akademik araştırmacı olarak çalışmaktadır. 2009 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden Mimarlık Doktora derecesini almıştır. 2005 yılında, Hollanda Eindhoven Teknik Üniversitesi "Bina Performans Simülasyonu" grubunda 6 ay boyunca "misafir araştırmacı" olarak; doktora sonrasında ise, Hollanda Delft Teknik Üniversitesi'nde 6 ay boyunca "doktora sonrası araştırmacı (post-doc)" olarak çalışmıştır. Sürdürülebilir/Yeşil/Sıfır Karbon Binalar, bütünlük tasarımı, bina performans değerlendirme, performans simülasyonları ve bina fiziki konusunda güçlü bilgi birikimi ve geniş bir akademik geçmişe sahiptir. Akademik araştırmalarını, Çankaya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde devam ettirmekte ve Mimari Tasarım Stüdyosu, Fiziksel Çevre Denetimi ve Yapı Sistemleri de dahil olmak üzere çeşitli Lisans ve Yüksek Lisans dersleri vermektedir. Aynı zamanda Çankaya Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde Bölüm Başkanlığı ve aynı üniversitenin Yüksek Performanslı Binalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü görevlerini yürütmektedir. IEA EBC TCP'nin (IEA Energy in Buildings and Communities Technology Collaboration Program) Türkiye resmi temsilcisi ve icra kurulu üyesi, TTMD (Türk Tesisat Mühendisleri Derneği) yönetim kurulu üyesi, IBPSA (International Building Performance Simulation Association) üyesi ve IBPSA-World Yönetim Kurulu'nda Türkiye Temsilcisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk annesidir.