

## Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Tasarımda Biçimlenişi: Akıllı Binalar

Hülya SOYDAŞ ÇAKIR <sup>1\*</sup> 

ORCID 1: 0000-0002-4631-510X

<sup>1</sup> Fenerbahçe Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34758, İstanbul, Türkiye.

\* e-mail: hulya.soydas@fbu.edu.tr

### Öz

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ilerleyişi kullanıcı konforunu, sağlığını ve güvenliğini ön plana alan sistemlerin yaygınlaşmasına imkan sağlamaktadır. Günümüzde sürdürülebilir bir yaşam için akıllı binalar şehirlerde önemli örnekler teşkil etmeye başlamıştır. İnternetin ve bilgisayar teknolojilerinin gelişimi mimari tasarımda ve yapı sektöründe yeni sistemlerin kullanılmasına, akıllı binaların inşa edilebilmesine olanak sunmuştur. Dünya genelinde kaynakların verimli kullanımına, yaşam ve kullanım maliyetlerinin azaltılmasına, sağlıklı, güvenilir ve çevre dostu yapılara duyulan artan ihtiyaçlar bu gelişmeleri hızlandırmıştır. Bu çalışmada akıllı binaların gelişimine kadar olan süreçte toplumsal ve ekonomik unsurlar özetlenmektedir. Akıllı binaların tasarımında bilgi ve iletişim teknolojilerinin önemi ve desteği teknik olarak vurgulanmaktadır. Akıllı binaların değerlendirilmesinde başlıca kriterler ana başlıklar altında aktarılmaktadır. Araştırmada 2000 yılından sonra kullanıma açılan dünyanın farklı lokasyonlarından başarılı uygulama örnekleri olarak 5 farklı bina seçilerek incelenmektedir. Bu akıllı binaların, bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanarak ortaya çıkan ortak özellikleri, tasarım kriterleri, sürdürülebilirlik uygulamaları ve yaşam kalitesini artırmaya yönelik katkıları belirlenerek çalışmada değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı bina, bilgi ve iletişim teknolojileri, mimari tasarım, sürdürülebilirlik

## Forming of Information and Communication Technologies in Design: Smart Buildings

### Abstract

The advancement of information and communication technologies enables the widespread use of systems that prioritize user comfort, health, and safety. The development of the internet and computer technologies has enabled the use of new systems in architectural design and the construction of smart buildings. The increasing need for using resources efficiently, reducing living costs, and operating healthy, reliable, and environmentally friendly buildings have accelerated these developments. In this study, social and economic factors and the importance of information and communication technologies in the development of smart buildings are summarized. The main criteria in the evaluation of smart buildings are presented under the headings. Five smart buildings are examined from different locations in the world built after the year 2000. The common features of these smart buildings are evaluated by using information and communication technologies, design criteria, sustainability items, and their contributions to increasing the quality of life.

**Keywords:** Smart building, information and communication technologies, architectural design, sustainability

**Citation:** Soydaş Çakır, H. (2022). Forming of information and communication technologies in design: smart buildings. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7 (1), 421-441.

**DOI:** <https://doi.org/10.30785/mbud.111653>



## 1. Giriş

Konforlu, güvenli ve daha iyi şartlarda yaşam arayışları geçmiş dönemlerden günümüze dek sürmüştür. İnsanlar her farklı tarihsel dönem içinde yaşamlarını kolaylaştırıcı çözümler aramıştır. Toplumsal, sosyal ve ekonomik gelişmeler bu istek ve arayışın sonucunda şekillenmiştir. Corbusier (2017, s.36), evrenin matematik hesabına dayandığı düşüncesiyle, kitabında konutu içinde yaşanacak bir makine olarak tanımlamaktadır. Bugün içinde yaşadığımız mekanlar gerçek anlamda teknoloji ile iç içe geçmiş durumdadır. Teknoloji, bina tasarımlarında daha verimli işletim sağlanabilmesi, işlevlerin otomatikleştirilmesi, çok çeşitli verinin toplanarak analiz edilebilmesi için çıkış noktası olmuştur. Ching (2007) mimari sistemler bütününde teknoloji aracılığı ile elde edilen unsurları; yapı ve çevreleme, çevre koruma ve konfor, sağlık, güvenlik ve refah, dayanıklılık ve sürdürülebilirlik başlıkları ile ifade etmektedir.

Teknolojik gelişmelerin mimari tasarımda yansımaları, malzemedeki yapımların tekniklerine, kullanım alışkanlıklarından kontrol ve güvenlik unsurlarına kadar geniş bir yelpazede karşımıza çıkmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimi tasarım alanında yeni teknolojik uygulamaları mümkün kılmaktadır. Akıllı binaların oluşmasında sosyal, ekonomik, çevresel birçok faktörün rol alması beraberinde bu yapıların yapımlarını ve işletim olanakları teknolojik gelişmeler aracılığıyla gerçekleştirmiştir. Bu araştırmada, 2000 yılı sonrasında inşa edilen akıllı bina örnekleri farklı ülkelerden dağılımları göz önüne alınarak incelenmiştir. İncelenen beş farklı akıllı binanın yapımların yılları, tasarımcıları/tasarım ekipleri ve akıllı bina özellikleri çeşitli kriterler altında değerlendirilmiştir. Çalışmadaki amaç uygulanan akıllı bina örnekleri üzerinden bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanım alanlarını belirleyerek, bu teknolojilerin enerji tasarrufu, sürdürülebilirlik, sağlık, konfor ve güvenlik desteği, maliyet tasarrufu alanlarındaki katkılarını vurgulamaktır.

### 1.1. Teknolojinin Gelişim Süreci ve Tasarım ile İlişkisi

Teknoloji kelimesi Yunanca *tekhologia* "bir sanat, zanaat veya tekniğin sistematik olarak ele alınması" anlamında olup, *tekhne* "sanat, beceri, işte zanaat; yöntem, sistem, sanat, bir sistem veya yapma veya yapma yöntemi" ve *-logia* *-log* kökenli "konuşma, söylem, inceleme, doktrin, teori, bilim" anlamına gelen ögelerin birleşiminden oluşmaktadır. "Mekanik ve endüstriyel sanatların incelenmesi" anlamı 1859'da kaydedilmiştir (Online Etymology Dictionary, 2021). Teknolojinin gelişimi enformasyona hızlı ve kolay erişimi sağlamıştır. Elde edilen enformasyonun düzenlenmesi ve işlenmesi hızlanmış, teknolojik gelişmeler yaşamın her alanında kullanılır ve adapte edilir olmuştur. Tasarımda yüz yıllardır temel kategori olan fonksiyonel, işlevsel ve estetik çözümlerde teknolojik gelişmelerden yararlanılmaya başlanmıştır.

Günümüzün yaşam koşullarına ulaşılması toplumsal ve ekonomik birçok aşama sonrasında gerçekleşmiştir. Her aşamada, yaşam standartlarını yükseltmek ve daha iyi şartları yakalayabilmek amacıyla yeni buluşlar ve yenilikler var olmuştur. Toplumsal yaşamın ilk basamağını ilkel toplumlar oluşturmaktadır. Bu toplumlarda temel fizyolojik ihtiyaçların karşılanması öncelikli sorun olmuştur. Avcılık ve toplayıcılık yaparak yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Bu toplumlarda üretim, ekonomik anlamda çok düşük seviyede ve tüketim ihtiyacı kadar gerçekleştirilmiştir. Kullanılan araç ve gereçler basit ve doğal malzemelerden yapılmıştır. Çevreye ve doğaya hakim olma çabası yerine göçebe tarzında ve korunma isteği ile yaşam sürdürülmüştür. İkel toplumların ancak yerleşik yaşam tarzını benimseyen topluluklara dönüşmesi ile tarım toplumları oluşmuştur. İnsan gücü tarım toplumunda önem taşımaktadır. Tarım alanlarında, keşfedilen saban kullanılarak göçebelikten kalıcı yaşam biçimine geçiş başlamıştır. Toprak önemli bir sermaye durumuna gelmiş, ekonomi ve güç artık toprağa bağlanmıştır. Toplumlar tarımsal ürünlerin ve nüfusun artışı ile birlikte yeni ihtiyaçlar oluşmuştur. İhtiyaç duyulan ürünlerin seri olarak üretilmesi ise Endüstri Devrimi ile gerçekleşmiştir. 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren başlayan Endüstri Devrimi sonrasında üretime dayalı yeni bir ekonomik sistem gelişmiştir. Sermaye olarak makineler, ham madde ve teknoloji toprağın yerini almıştır. Teknolojik gelişmeler beraberinde üretim hızlı artış göstermiştir. Ham madde kaynaklarına erişim tüm dünyada önemli bir unsur haline gelmiştir. Demiryollarının gelişimi ile endüstri hızlı olarak yayılmış, kentler yeni yapılaşma ve göç etkisi altına girmiştir. Bunların sonucu olarak düzensiz kentleşme örnekleri artmıştır. Belirli yaşlarda zorunlu eğitim sistemi kabul edilmiştir. Özellikle Avrupa'da fabrika, gar, kapalı pazar, katlı konut, okul gibi yapı örnekleri artış göstermiştir. Büyük aile tiplerinden küçük aile yapılarına yönelme

gerçekleşmiştir. Plan tipleri de bu değişimlerden etkilenmiştir. Geleneksel yapı malzemeleri ve yapım teknikleri teknoloji ile birlikte değişime uğramaya başlamıştır. Strüktürel yapılarda daha yenilikçi uygulamalar oluşmuştur. Endüstri Devrimi ile birlikte yapı çeliği ve betonarme gelişen en önemli malzemeler olmuştur. Bu malzemelerin kullanımı ile duvarlarda ve cephelerde büyük açıklıkların bırakılması mümkün olmaya başlamıştır. Cam malzemeler büyük boyutlarda kullanılabilir duruma gelmiştir. Alüminyum, kauçuk ve kontrplak gibi yeni malzemeler de bu dönemde tasarımlarda yerlerini almıştır. Endüstri Devriminin yükselişi ve yayılması sonrasında ham madde ve iş gücü temini zorlukları, küresel petrol krizi gibi sebepler nedeniyle gelişmiş ülkeler enerji tüketimi fazla olan sanayi sektörlerinden yüksek teknolojiye dayalı sektörlerle geçiş yapmaya başlamıştır. Petrol fiyatlarının 1973 yılında Orta Doğu'daki savaş nedeniyle OPEC tarafından yükseltilmesi, batı ülkelerine başlatılan petrol ambargosu ve beraberinde enerji fiyatlarının artışı tüm kesimleri teknoloji ve örgütlenmelerde değişiklik yapmaya yöneltmiştir (Harvey, 1999, s.168). Ham madde ve iş gücünün yerini artık bilgi temelli ürünler almaya başlamıştır. Bilgiyi ve yeni teknolojileri üretebilen toplumlar öne çıkmıştır. Japonya ve ABD gibi teknolojik gelişmelerde önde olan ülkelerde düşük oranda işsizlik görülmüştür (Webster, 2004, s.141). Sanayi toplumunda önemli yer tutan kol gücünün yerini artık zihin işçileri alacaktır (Toffler, 1993, s.25). Bilişim toplumları bu gelişmelerin sonucunda ortaya çıkmıştır. Verimlilik ve enerji tasarrufu konuları önem kazanmıştır. Ürünler artık daha kişiselleştirilmiş olarak üretilmekte ve güncelliklerini çok hızlı kaybetmektedir. Yeni ihtiyaçlar yeni teknolojik buluşları ve ürünleri tetiklemektedir. Küreselleşme sürecinin hızlanması ile birlikte teknolojinin yayılma hızı da artış göstermektedir. Castells (2005) yirminci yüzyılın sonlarında ortaya çıkan yeni ekonomi modelini, şirketlerin ve devletlerin bilgiye dayalı enformasyon üretme ve işleme potansiyellerinden dolayı enformasyonel olarak nitelendirir. Sermaye, ham madde, teknoloji, enformasyon gibi üretim ve tüketim bileşenleri dünya çapında örgütlendiği için bu yeni ekonomi aynı zamanda küresel özelliktedir. Üretim ve rekabet küresel girişim ağları arasındaki etkileşim ağı üzerinden gerçekleştiği için aynı zamanda ağ örgütlenmesine dayalı bir ekonomidir. Senn (1995) bilginin öne çıktığı bu yeni dönemi önceki toplumsal dönemlerden ayıran beş temel özelliği şu şekilde özetlemektedir:

- Bilgiye dayalı toplumun yükselişi ile oluşur.
- İşletmeler bilgi teknolojilerine dayalı olarak faaliyet gösterir.
- İş süreçleri verimlilik artışına dönüşmektedir.
- Çağın başarısı bilgi teknolojilerinin kullanımındaki etkinlik ile ölçülmektedir.
- Birçok ürün ve hizmet bilgi teknolojileri ile iç içe geçmiştir.

Yeni toplumlarda bilgiye dayalı ekonomik sistemler ve transfer olabilen para sistemi gelişmiştir. Yaşayarak öğrenme, kendi kendine öğrenme ve yaşam boyu öğrenme gibi yeni kavramlar oluşmuştur. Kentlerde çekirdek aile sistemi yaygınlaşmış ve bireysel yaşam şekilleri benimsenmiştir (Fındıkçı, 1996, s.51). Bireyselleşmenin getirdiği değişimler mekan ve yapı tasarımlarında da etki oluşturmuştur. Standart tasarımlar ve üretimler yerini, kişinin talep ve isteklerine uygun özel mekan çözümlerine bırakmıştır. Bilginin ve iletişimin değerli olduğu yeni yaşam biçiminde yeniliklerin daha hızlı üretilebilmesi için çaba gösterilmiştir. Yeni iletişim ortamlarının sağladığı olanaklar ile bireye özel uygulamalar toplumu da etkilemiştir. Toplumda ekonomik ve sosyal değişim ve dönüşümler oluşmuştur. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimi ile birlikte binalarda otomasyon sistemleri kullanılmaya ve iyileştirilmeye başlamıştır. Geliştirilen yeni alt yapı sistemlerinin binalarda kullanılması ile akıllı bina kavramı ortaya çıkmıştır.

## 1.2. Akıllı Binaların Gelişimi

Mimari tasarımlarda önceki yıllarda gerçekleştirilmesi güç olan uygulamalar teknolojinin desteği ile inşa edilebilir duruma gelmiştir. Disiplinler arası uygulamalar mimaride yer almaya başlamıştır. Kimya, genetik, elektronik gibi farklı uzmanlık alanlarından tasarımlarda yararlanılmaya başlanmıştır. Akıllı binaların gelişiminde bilgi ve iletişim teknolojilerindeki yenilikler önemli bir çıkış noktası olmuştur. Yapay zeka teknolojileri ve bilgisayar sistemlerinin artan işlem ve depolama kapasiteleri, sistemlerin etkileşim yeteneğinin genişlemesine ve paydaş beklentilerinin karşılanmasına katkıda bulunmuştur (Froufe, Chinelli, Guedes, Haddad, Hammad ve Soares, 2020). Gün geçtikçe değer kazanan enerjinin ve

enerji kaynaklarının etkin ve tasarruflu kullanılma isteği önemli unsurlardan birisidir. Çevre bilincinin artması ve sürdürülebilirlik ilkesinin öneminin kavranması akıllı binaların oluşumunu ve gelişimini sağlayan etkenlerdir. Toplumların gelişimi ve refah düzeylerinin artması ile sağlıklı ve konforlu yaşam alanlarına olan talep akıllı binaların hızlı şekilde yayılmasının nedenlerindedir.

ABD Akıllı Bina Enstitüsü akıllı binayı yapılar, sistemler, hizmetler/yönetim ve bunlar arasındaki karşılıklı ilişkiler olmak üzere dört temel unsurun optimizasyonu yoluyla üretken ve uygun maliyetli bir ortam sağlayan bina olarak tanımlamaktadır. Avrupa Akıllı Bina Grubu ise akıllı binayı, sakinlerine verimliliği en üst düzeye çıkararak ortamı oluşturan ve aynı zamanda donanım ve tesislerin minimum yaşam süresi maliyetleriyle kaynakların verimli yönetimini sağlayan bir bina olarak tanımlamaktadır (IGI Global, 2021). Akıllı bina terimi, 1980'lerin başlarında ABD'de telekomünikasyon, bina yönetimi ve veri ağı hizmetleri ile kullanıcılarına paylaşılan kiracı hizmetleri sağlayan binaları belirtmek için kullanılmaya başlamıştır. Bu dönemde akıllı binaların gelişimi bilişim teknolojisinin gelişimi ile yakından ilişkilidir. Bilgisayarların iş yaşamında kullanılması yaygın hale geldikten sonra bina otomasyon ve bina kontrol sistemleri bu teknolojileri kullanmaya başlamıştır. 1990'ların başında, artan talep ile birlikte oluşan bilişim teknolojileri sorunları giderilmiş ve yapılandırılmış kablolu, daha küçük ve daha kapasiteli bilgisayarlar gibi yeni çözümler üretilmiştir (Harrison, Loe ve Read, 2012). Akıllı binalardaki gelişmeler farklı ülkelerde iklim, toplumsal yapı, kullanıcı alışkanlıkları, bina yönetim sistemleri farklılıklarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca telekomünikasyon, bilişim ve otomasyon teknolojilerinin hızlı değişimi akıllı bina tanımının net olarak yapılmasını güçleştirmektedir. Akıllı sistemlerle binanın işlevselliği ve kalitesi geliştirilmekte, yaşam ortamının güvenliği, sağlığı, enerji verimliliği, rahatlığı ve konforu güvence altına alınmaktadır (Wen, Hsiao ve Chen, 2009).

Yenilikçi bilgi ve iletişim teknolojileri akıllı binaların enerji verimliliğini elde etmeleri ve sürdürmeleri için temel kolaylaştırıcı etmendir. Sürdürülebilirlik mimarlık alanında çağımızda en önemli tasarım unsurlarından birisi haline gelmiştir. Konut ve ticari fonksiyonlu binaların, dünya çapında toplam enerji tüketiminin %40'ından fazlasından sorumlu olmaları enerji tasarrufu açısından dikkat çekmektedir (Minoli, Sohraby ve Occhiogrosso, 2017). Binalarda ısıtma, soğutma ve iklimlendirme maliyetlerinde tasarruf edilmesi akıllı binalarda teknolojik sistemlerin kullanılması ile kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda enerjinin üretimi ve enerjinin tasarrufu için rüzgar tribünleri, güneş panelleri, enerji tasarruflu armatürler gibi çok farklı sistemlerin kullanımı mümkün olabilmektedir. Binaların yapımında yer alan yalıtım malzemelerinin çeşitlenmesi ve gelişmesi, uygun malzemelerin seçimi ve kullanılması enerji tasarrufunda ciddi katkılar sağlamaktadır. Yenilenebilir malzemelerin kullanılması sürdürülebilirlik açısından öne çıkmaktadır. Malzemelerin tasarım sürecinin her aşamasında çevreye uyarlanabilir ve verimli fonksiyonel unsurlar olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Topal ve Arpacıoğlu, 2020). Çevre ve doğa dostu tasarımlar yaygınlaşarak tasarım kararlarında dikkate alınmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri sürdürülebilir bir yapıyı çevre sağlamak için şehirlerde ve ülkelerde akıllı binalar için anahtar unsur olarak değerlendirilmektedir (Rawte, 2017). Akıllı binalar; sistemlerin, performansların ve hizmetlerin tümüne yanıt vermek durumundadır ve içermeleri gereken bileşenler aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Ghaffarianhoseini, Berardi, AlWaer, Chang, Halawa, Ghaffarianhoseini ve Clements-Croome, 2016, s.353):

- Akıllılık ve Teknoloji Bilinci: Bina bileşenleri için gelişmiş gömülü sistemlerin kullanılması, akıllı teknolojilerin ve ekonomik ilkelerin dahil edilmesi, gelişmiş sensörler ve yapay zeka ile iç içe olması, bina sistemleri ve teknolojik entegrasyonların uygulanması, güncel uyarlanabilir ve birlikte çalışabilir bina kontrol sistemlerinin uygulanması, yenilikçi geleceğin teknolojileri ve onların geliştirilmeleri ile aynı doğrultuda olması.
- Ekonomik ve Maliyet Verimliliği: Ekonomik yansımaların dikkate alınması, yaşam döngüsü analizi ve maliyet etkinliği, ortamların geliştirilmiş üretkenliğinin ve etkinliğinin dikkate alınması, kaynakların verimli yönetiminin uygulanması, entegre tesis yönetimi uygulaması, maliyet/zaman tasarrufu stratejilerinin dikkate alınması.
- Kişisel ve Sosyal Duyarlılık: Bina sakinlerinin ve kullanıcılarının ihtiyaç ve beklentilerinin dikkate alınması, konfor, rahatlık, emniyet ve güvenliğin dikkate alınması, sürekli genişleyen ve değişen insan ihtiyaçlarına uyarlanabilir olması, sosyal ve teknolojik değişimlere duyarlı olması, iletişim ve

küreselleşme ihtiyaçlarına duyarlı olması, kullanıcıların mutluluğu, duygusal tatmini ve gelişmiş yaratıcılığının dikkate alınması, kullanıcı etkinliğinde kendi başına yapabilme desteğinin olması.

- Çevresel Duyarlılık: Ekolojik olarak sürdürülebilir tasarımın uygulanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji verimi stratejileri ve koruma teknikleri, enerji yönetim sistemlerinin uygulanması.

Akıllı binaların gelişiminde mevcut teknolojiler, donanım, yazılım ve bilgi işlem algoritmaları önemli parçalar haline gelmiştir. Binaların işlevlerini kolaylaştıran ve geliştiren bir araç olarak IoT (Internet of Things) uygulamalarından binalarda enformasyonun toplanması ve işlenmesi için yararlanılmaktadır (Jia, Komeily, Wang ve Srinivasan, 2019). Bina operasyonlarını IoT aracılığıyla birbirine bağlayan akıllı binalar, mobil cihazlar ve bilgisayarlar aracılığıyla bina sıcaklığını, güvenliğini ve bakımını kontrol etme gibi fonksiyonları kolaylaştırmaktadır. Akıllı binalar kullanıcıları için konfor, güvenlik, yeşil çevre ve topluluk oluşturma açısından daha iyi olanaklar sunmak üzere tasarlanmaktadır. Bu amaçlar için akıllı bina tasarımlarında kullanıcı dostu teknolojik çözümlerin yer alması ve insan unsurunun ana faktör olarak göz önüne alınması gerekmektedir (To, Lai, Lam ve Chung, 2018). Rawte (2017) akıllı binalarda anahtar unsur olarak değerlendirdiği bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkinleştirici rolünü Çizelge 1’de gösterildiği biçimde özetlemektedir.

Çizelge 1. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkinleştirici rolünün özeti (Rawte, 2017)

UYGULAMA ALANLARI	
Tasarım	Yeni iş modelleri, süreçleri ve hizmetleri
Yapı ve dış kabuk	Bina sistemlerinin entegrasyonu
Enerji donatımı ve sistemleri	Hareketlilik, alt yapı, akıllı şehirler ve sakinlerle entegrasyon
Yapım süreci	Şebekeler ve yerel enerji sistemleri ile entegrasyon
Performans izleme ve yönetimi	Bilgi işlem ve iletişim alt yapıları
Yaşam ömrü	Bilgi paylaşımı, farkındalık, eğitim ve öğretme

Akıllı bina ve bina sistemleri düzeyinde tüm uygulama alanlarında bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonu gerekmektedir. Bu binalar kullanıcılarına daha güvenli, konforlu ve operasyonel olarak verimli bir ortam oluşturmak için teknolojiyi ve süreci entegre eden bir yapı oluşturmaktadır.

Akıllı binaların değerlendirilmesinde, Asya Akıllı Binalar Enstitüsü (AIIB) tarafından tanıtılan akıllı bina indeksi (IBI) bütünsel bir yaklaşım olarak kullanılabilir. Bu indekste toplam on modül ve 377 alt unsur yer almaktadır. Akıllı binaların değerlendirilmesinde kullanılan modüller şu şekildedir (Chow, 2005; Omar, 2018; Po-Chi ve Bonnie, 2014):

1. Yeşil indeksi: Bu modül binadaki çevre dostu bileşenleri içermektedir. Çevre, asansör ve yürüyen merdivenler, tuvaletler, termal konfor, elektrik hizmetleri, ısıtma hizmetleri, havalandırma ve iklimlendirme, aydınlatma, drenaj, atık uzaklaştırma gibi 80 adet unsurdan oluşmaktadır.
2. Mekan indeksi: Bu modülde mimari tasarım, otopark ve ulaşım, iç düzenlemelerde esneklik gibi 18 adet unsur yer almaktadır.
3. Konfor indeksi: Mimari tasarım, asansör, tuvaletler, termal konfor, havalandırma ve iklimlendirme, aydınlatma, erişim, akustik, renk, eğlence tesisi gibi 52 adet çeşitli gruptan oluşur.

4. Çalışma verimliliği indeksi: Modül mimari tasarım, asansör ve yürüyen merdivenler, tuvaletler, termal konfor, aydınlatma, yüksek teknoloji, tabela ve yönlendirme, otopark ve ulaşım, bina tesisleri gibi 72 adet unsuru içermektedir.

5. Kültür indeksi: Akıllı binalar için önemli unsurlar olarak tanımlanır. Eğlence tesisleri, mahremiyet gereklilikleri, renkler, iç dekorasyon, yiyecek ve içecek, dış peyzaj ve manzara, iç mekan bitkiler, kültüre dayalı iç mekan tasarımı gibi 15 adet unsuru içerir.

6. E-hizmetler ve teknoloji indeksi: Özellikle ofis fonksiyonlu akıllı binalarda ağırlığa sahip olan modülde geniş bant internet, elektrik hizmetleri, ofis otomasyonu, elektronik tesisler, yapay zeka kontrol, web sayfası, yardım hatları, telefon hizmetleri, fiber optik ağ, bina hizmetleri otomasyonu, cep telefonu kapsamı, gelişmiş otopark tesisleri gibi 39 adet unsur bulunmaktadır.

7. Güvenlik ve yapı indeksi: Akıllı binalarda; deprem izleme, bina yapısal durum etüdü, yapısal izleme, terörist saldırı önlem planı, yangından korunma, elektrik güvenliği, asansör güvenilirliği, kamu duyurusu, toplam çıkış, kaçış planı, temel elektrik gücü, bina sistemlerinin bakımı, iç hava kalitesi, emniyet yönetim sistemi, risk yönetimi, güvenlik ve kalabalık kontrolü gibi 32 adet önemli parametreyi kapsar.

8. Yönetim uygulaması ve güvenlik indeksi: Akıllı binaların düzgün işletilmesi ve yönetilebilmesi için bina yönetim uygulaması, bina hizmetleri işletme ve bakımı, güvenlik ve izleme, kontroller, yönetim planlaması, su temini ve drenaj, çevre koruma gibi 35 adet unsuru içeren modüldür.

9. Maliyet etkinliği indeksi: Akıllı binanın yaşam döngüsü maliyetinin hesaplanmasına yönelik 3 adet unsur içerir.

10. Sağlık ve sanitasyon indeksi: Bu modül içme ve arıtma suyu sistemi, drenaj, tuvalet, otopark ve asansör havalandırması, koku, temizlik, çöp işleme, haşere ve sivrisinek kontrolleri, yüzme havuzlarında filtreleme, jakuzi ve sauna gibi 31 çeşit unsuru içerir.

IBI indeksinde her bina tipinin farklı kriterlere sahip olmasından dolayı farklı türdeki binalar için her modülde ağırlık katsayıları belirlenmiştir. Bina türleri ticari, hastane, konut, otel ve eğitim yapıları olarak her modülde farklı ağırlıklar ile değerlendirilmektedir. 0-100 arası alınan puanlar hesaplanarak toplandığında yapılar 90-100 aralığında A (seçkin), 70-89,9 aralığında B (güvenilir), 60-69,9 aralığında C (orta), 1-59,9 aralığında D (geliştirilecek) sıralamada akıllı bina olarak kabul edilmektedir.

Akıllı binaların değerlendirilmesinde ve derecelendirilmesinde farklı çerçeveler de geliştirilmiştir. WiredScore/SmartScore sertifikası, SPIRE akıllı bina programı, BEST akıllı bina sertifikasyonu gibi akıllı bina çerçevelerini oluşturan farklı değerlendirme uygulamaları bulunmaktadır. WiredScore sertifikası akıllı binada işbirlikçi, yenilikçi ve dinamik uygulamalar olarak küresel ölçekte dijital bağlantıları ve akıllı teknolojileri, SmartScore sertifikası ise binanın kullanıcı işlevselliğini ve teknolojik temelini iki bölüm altında değerlendirmektedir (WiredScore, 2021). SPIRE akıllı bina programı, bina performansının tüm kapsamını tanımlayan altı temel yapı elemanı kullanarak bütünsel çerçeve içinde doğrulama ve derecelendirme yapmaktadır (SPIRE Smart Buildings, 2021):

1. Güç ve enerji: Enerji ücretleri ve satın alımları bir binanın işletme bütçesinin en büyük bileşenlerindedir. Akıllı binalar verimliliğin sağlanması ve enerji sarfiyatlarının en aza indirgenmesi için tüketim oranlarını izlemekte ve analiz etmektedir. Enerji kullanım yönetimi ve analizi, enerji talebi, şebeke birlikte çalışabilirliği, dağıtık enerji kaynakları kriterleri dikkate alınmaktadır.

2. Bağlantı: Güvenilir bağlantılar binalar için günümüzde zorunluluk haline gelmiştir. Uygulama çalıştıran akıllı binalarda düzgün bir ağa sahip olmak önem taşır. Fiber optik ağlar, 5G hücresel kapsama alanı gibi teknolojilerin desteklenmesi gerekir. Bağlantı unsurları medya, güvenlik, kapsam, büyüme ve esneklik kriterleri olarak değerlendirilmektedir.

3. Sağlık ve refah: Gelişen dijital sağlık araçları, Covid-19 pandemisi ile oluşan beklentiler akıllı binaların yüksek teknolojik uygulamalardan yararlanmalarını zorunlu hale getirmiştir. Sensörler ve diğer araçlar yardımı ile kalabalık alanlar, hava kalitesi ve sağlık ilişkili birçok faktör izlenebilir, dijital sağlık araçları akıllı bina ağlarına eklenebilir ve iç mekanlarda güvenliğin sağlanmasına yardımcı olunabilir. Bu

kapsamda iç hava kalitesi, ısı yönetimi, görsel konfor, ışık ve gürültü konforu, içilebilir su kalitesi ve koku yönetimi değerlendirilmektedir.

4. Siber güvenlik: Siber saldırılar ve tehditler akıllı binalar için çok tehlikeli olabilmektedir. Bu alanda olası tehditleri belirlemek ve engelleyebilmek önem taşır. Mevcut koruma mekanizmalarının incelenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kimlik belirleme, koruma, tespit etme, tepki verme ve kurtarma uygulamaları ölçülmektedir.

5.Can ve mal güvenliği: Akıllı binalarda kullanıcılarının güvenliğinin sağlanması önemli önceliktir. Yangın güvenliği, acil müdahale durumu gibi unsurlar bina işletiminde dikkate alınmalıdır. Acil durum planları, entegre sistem performansı, durumsal farkındalık ve acil durum iletişimi kriterleri değerlendirilmektedir.

6.Sürdürülebilirlik: Akıllı binaların sürdürülebilirlik hedefleri bulunmaktadır. Binaların bu alandaki performansları çok çeşitli sertifika programlarına ve mevcut çerçevelere göre değerlendirilmektedir. ADB Yeşil Bina Konseyi tarafından LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikası, İngiltere merkezli Yeşil Bina sertifikası BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), Green Globes, Yaşayan Bina Mücadelesi, WELL bina standardı, Fitwel, Uluslararası Yeşil İnşaat Yönetmeliği ve CALGreen programları bu alanda dikkate alınmaktadır.

Akıllı bina sertifikasyonu sistemi olarak bir diğer örnek BOMA-BEST programıdır. Diğer sertifikasyon uygulamalarında yer alan kriterlerle uyumlu olarak altı adet anahtar bina göstergesi üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. Bu göstergeler; analitik ve yapay zeka, siber ve fiziksel güvenlik, veri yönetimi, bağlantı, sağlık ve refah, sürdürülebilirlik başlıkları altındadır (BOMA Canada, 2021).

Akıllı binaların değerlendirilmesinde farklı kurum ve kuruluşların dikkate aldıkları kriterlerin sayısı değişkenlik göstermekle birlikte verimli, konforlu ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulması amacıyla bilgi ve iletişim teknolojilerinin yeniliklerinden faydalanılarak oluşturulan binaların ortak özelliklere sahip olması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Binaların sahip olduğu akıllı teknolojiler, mal sahiplerinin, kullanıcıların ve ilişkili tüm çevrenin faydalandığı özellikleri açısından önem taşımaktadır.

## **2. Materyal ve Yöntem**

Akıllı binaların değerlendirilmesinde farklı kategoriler altında birçok uygulamanın ve kriterin dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmada ele alınan akıllı bina örnekleri dünya üzerinde yaygın olarak bilinen ve gelişmiş seviyede akıllı teknolojik özelliklere sahip farklı konumlardaki 5 binadan oluşmaktadır. Akıllı binaların seçiminde yapıların buldukları ülkelerin teknolojik yapı üretim seviyelerinin yüksek olması, yapıların farklı ülkelerde ve coğrafi bölgelerde yer almaları dikkate alınmıştır. Seçilen örneklerin alanda tanınırlıkları ve akıllı bina özelliklerinin tasarımlarında öne çıkmış olması çalışmaya dahil edilmelerinde etkili olmuştur. Örnek sayısı sınırlı tutularak binalar arasındaki karşılaştırmanın ve genel değerlendirmenin daha sağlıklı olarak yapılabilmesi amaçlanmıştır. Binalar ticari, sosyal, konaklama gibi farklı kullanım amaçlarına hizmet etmektedirler. Sadece Crystal Binası 2022 yılında çok yeni olarak belediye ve il meclis binası olarak fonksiyon değişikliğine uğramıştır. Akıllı bina özellikleri açısından önemli bir örnek olduğu için yapı araştırmada orijinal yapı fonksiyonları ve kullanım deneyimleri ile değerlendirilmiştir. Binaların tümü 2000'li yıllarda kullanıma açılmıştır. Akıllı binaların ortaya çıkışından günümüze kadar üretilen akıllı binalardan günümüze daha yakın süreçlerde inşa edilmiş ve kullanım açısından yeterli süre tecrübe edilebilmiş örneklerin seçilmesine dikkat edilmiştir. Araştırmada akıllı yapıların ortak özelliklerine, teknolojiyi kullanım yöntemlerine ve ortak çıkış noktalarına dikkat çekilmesi amaçlanmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin farklı yerleşimlerdeki ve farklı fonksiyonlardaki binalarda kullanım biçimleri, sağladıkları imkanlar ve avantajlar tespit edilmektedir.

### **2.1. Akıllı Bina Örnek Uygulamaları**

#### **The Edge:**

Hollanda'da Amsterdam'ın Zuidas iş bölgesinin merkezinde 2015 yılında inşa edilmiştir. Bina, PLP Architecture ekibi tarafından müşteri OVG Emlak şirketi için 40 000 m<sup>2</sup> toplam alanda bir ofis binası olarak tasarlanmıştır. Binanın ana kullanıcı olan Deloitte firmasının dijital çağa geçişi için bir katalizör

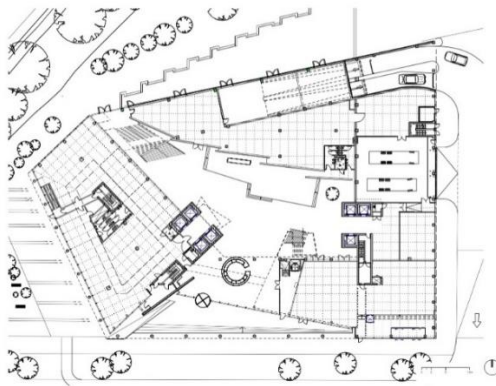
olması amaçlanarak akıllı bina özellikleriyle oluşturulmuştur (Şekil 1, Şekil 2). Esnek ve sosyal, fiziksel ve sanal olarak birbirine bağlı yeni çalışma ortamlarını sağlayan bir bina olarak tasarlanmıştır (Şekil 3, Şekil 4). Geleceğe yönelik olarak son teknoloji bir ofis binasının, yeni çalışma modellerine uygun olarak istenilen yerden, istenilen zaman ve sosyal etkileşim derecesiyle çalışma esnekliğine sahip olması gerektiği dikkate alınmıştır. Akıllı binada ofisler, restoranlı ortak atriyum, kafe, konferans tesisleri, iki katlı yer altı otoparkı ve 500 bisikletlik bisiklet park alanı bulunmaktadır (PLP Architecture, 2021). Binanın 15 katlı atriyumu iş dünyası ve dışarı arasında bir pencere görevi üstlenirken bina için sosyal bir merkez sağlamakta, ayrıca enerji kullanımını azaltmak için çevresel bir koruma tamponu oluşturmaktadır. Sürdürülebilir teknolojiler projede verimli olarak yer almaktadır. Uyarlanabilir ve akıllı çalışma alanları oluşturmak için çok fazla sayıda akıllı teknoloji uygulamaları içermektedir. Örneğin çalışmayan aydınlatma armatürünün, kağıdı eksik yazıcının ilgililere bildirilmesi, akıllı sensörler ile kullanılmayan odalarda temizlik yapılmaması gibi birçok uygulama bu sistemler ile mümkün olabilmektedir. Sosyal seviyede oldukça başarılı sonuçlar beraberinde, farklı türde çalışma, toplantı ve mola ortamları sunarak kullanıcıların memnuniyetini, konforunu, sağlığını ve üretkenliğini göz önüne almaktadır. Binada teknolojik sistemler yeni çalışma alanlarını tasarlamak için kullanılarak; insanların binanın farklı alanlarında çalışma esnekliğine sahip olmaları, mobil bir uygulama ile birbirlerini bulabilmeleri, sıcaklık ve ışık seviyelerini tercihlerine göre ayarlayabilmeleri ve çalışmalarında enerji kullanım miktarlarını bilmeleri sağlanmıştır (ArchDaily, 2021a). Enerji verimliliğinde %98,36 BREEAM derecelendirmesi ile çok yüksek bir puana sahiptir. Su tasarrufu dikkate alınarak çatıdan toplanan yağmur suyu sifonlarda, atriyumda ve bina çevresinde yer alan yeşil alanlarda kullanılmaktadır. Çatısında ve cephelerinde fotovoltaik paneller bulunmaktadır ve akifer termal enerji depolama sistemi iklimlendirme için gereken enerjiyi sağlamaktadır. Kullanım, hareketlilik, ışık seviyeleri, nem ve ısı ölçen akıllı teknolojilere sahiptir. Ethernet bağlantılı LED aydınlatma sistemi (LoE) kullanılmaktadır (Ekoyapı, 2017).



Şekil 1. The Edge binası dış görünüm (PLP Architecture, 2021)



Şekil 2. The Edge binası iç mekan (PLP Architecture, 2021)



Şekil 3. The Edge binası zemin kat planı (ArchDaily, 2021a)



Şekil 4. The Edge binası kesit (ArchDaily, 2021a)



### Shangai Tower:

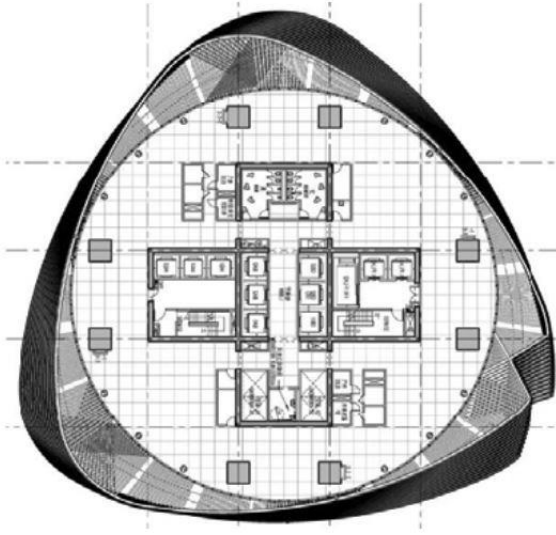
Çin'in Shangay kentinde Gensler firması tarafından tasarlanan ve 2015 yılında yapımı tamamlanan 540 000 m<sup>2</sup> toplam alanlı, 127 katlı binada ofis alanları, eğlence mekanları, satış alanları, konferans merkezi, otel ve kültürel alanlar yer almaktadır (Şekil 5). Bina yüksek sürdürülebilirlik özelliklerine sahiptir ve LEED platin sertifikalıdır (Gensler, 2021). Tasarımında tüm binayı saran şeffaf ikinci bir kabuk bulunmaktadır (Şekil 6). Sahip olduğu havalandırılmalı atriyumlar boşluk içindeki sıcaklığı modüle ederek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu mekan iç ve dış atmosfer arasında tampon görevi görmektedir. Kışın serin dış havayı ısıtmakta, yazın içerideki ısıyı dağıtmaktadır (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2021). Asimetrik formunu, sivri profiline ve yumuşatılmış köşelerini içeren üç temel strateji ile binanın bölgenin kuvvetli rüzgarlarından korunması amaçlanmıştır (Şekil 7, Şekil 8). Döner formlu cam cephe ile binanın rüzgar yükleri %24 azaltılmakta ve inşaat maliyetlerinde tasarruf sağlanmaktadır. Binada gri su/yağmur suyu sistemi ve çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Su arıtma tesislerinden sulama ve tuvalet kullanımı için yararlanılır. Temiz su sistemi bina içinde su basıncının yerçekimi ile korunmasına izin veren ara su depolama tanklarını kullanmaktadır. Düşük basınçlı pompalama enerjisi sadece suyu kademeli bir düzende her bir tanka taşımak için kullanılır. Bu stratejiler kaynak su tüketiminde %38'lik bir azalma sağlamaktadır. Elektrik ve ısı enerjisi sağlayan 2 000 KW'lık doğalgaz yakıtlı kojenarasyon sistemi mevcuttur. Yerinde üretilen enerji binanın karbon ayak izini azaltma avantajı sağlamaktadır. Binanın HVAC sistemi, ısıtma ve kullanım suyu ısıtma sistemini beslemek için merkezi santralde üretilen yüksek basınçlı buharı kullanmaktadır. Buhar sistemi tesise ısı enerjisi vermek için pompaya ihtiyaç duymamaktadır. Bu avantaj binada taşıma enerjisini azaltmaktadır (Xia, Poon ve Mass, 2010). Bina 74 km/s (45,9 mph) hızı sahip teknolojik asansörlere sahiptir. Yılda 350,00 kWh'ye kadar elektrik üretimi için 570 m'de dikey eksenli rüzgar tribünleri yerleştirilmiştir. Dış aydınlatma ve park alanları için rüzgar tribünlerinden elde edilen enerji kullanılabilir. Dış aydınlatma ve park alanları için rüzgar tribünlerinden elde edilen enerji kullanılabilir.



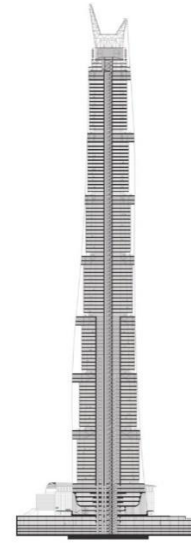
Şekil 5. Shangai Tower dış görünüm (ArchDaily, 2021b)



Şekil 6. Shangai Tower iç mekan kesiti (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2021)



Şekil 7. Shanghai Tower tipik kat planı (Gensler, 2021)



Şekil 8. Shanghai Tower bina kesiti (ArchDaily, 2021b)

### The Crystal:

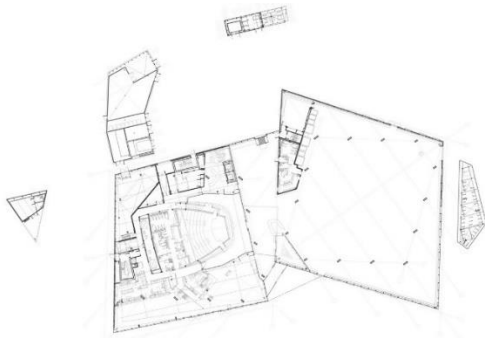
Bina WilkinsonEyre Mimarlık tarafından İngiltere Londra'da 6 300 m<sup>2</sup>lik bir ziyaretçi ve bilgi merkezi olarak inşa edilmiştir (Şekil 9, Şekil 10). Sürdürülebilir şehirlere çözüm üretmek üzere mimarlar, şehir plancılar, idareciler, öğrenciler ve ziyaretçiler arasında fikir alışverişini sağlamak için eğitim ve sergi alanı olarak 2012 yılında hizmet vermeye başlamıştır (ArchDaily, 2021c). 2022'de Londra'nın yeni Belediye Binası ve Londra Meclisi olarak yeniden açılmıştır. Karmaşıklığı ve zorlukları temsil eden kristal formlu çok yönlü kentsel yaşamdan türetilen tasarım, her biri çok sayıda üçgen yüzey içeren iki paralelkenar yapıdan oluşmaktadır (Şekil 11, Şekil 12). Bina BREEAM ve LEED standartları dikkate alınarak tasarlanmıştır. Binanın çatısındaki fotovoltaik güneş panelleri ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin üretilmesinde kullanılmaktadır. Pil depolama ünitesi yoğun ve yoğun olmayan dönemlerin güç yükü yönetimini sağlamaktadır. Tesiste elektrikli araçlar için şarj üniteleri bulunmaktadır. LED aydınlatma sisteminden yararlanan binada konforlu aydınlatma seviyelerini otomatik olarak ayarlayan gelişmiş bir kontrol sistemi kullanılmaktadır. Gelişmiş bir bina yönetim sistemi vardır. Elektrik ve su sarfiyatları verimlilik amacıyla izlenmektedir. Sıcaklık, aydınlatma ve havalandırma sistemlerinde enerji verimliliği için doluluk oranı algılama ve konfor sensörleri kullanılmaktadır. Gelişmiş yangın sensör sistemleri vardır. Binada doğal ışığın bina içine girmesine izin verirken güneş enerjisinin girişini azaltan yüksek performanslı camlar kullanılmıştır. Mevsimsel olarak motorlu menfezlerle bina havalandırılması ve bir yönetim sistemi ile klima kullanımını azaltan doğal soğutma yapılmaktadır. Enerji Yönetim Sistemi iç ve dış koşulları algılayarak binanın her bölümü için en uygun enerji verimli havalandırma modunu kontrol etmektedir. Ilık havalarda doğal havalandırma kullanılmakta, düşük veya yüksek sıcaklıklarda pencereler kapanarak mekanik havalandırma sistemi devreye girmektedir. Binada zemin kaynaklı ısı pompaları kullanılarak ısıtma ve soğutma işlemlerinin büyük kısmı bu yöntemle çözülmektedir. Yağmur suyu toplanarak içme suyu olacak şekilde arıtılmaktadır. Su kullanımını azaltmak için su tasarruflu armatürler kullanılmaktadır. Binadaki suyun tamamı tuvaletlerde ve çevre düzenlenmesinde kullanılmak üzere geri dönüştürülmektedir (Design Build Network, 2021).



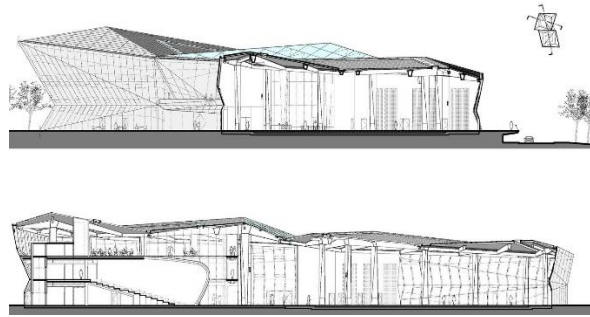
Şekil 9. The Crystal dış görünüm (ArchDaily, 2021c)



Şekil 10. The Crystal iç mekan (WilkinsonEyre, 2021)



Şekil 11. The Crystal kat plan (ArchDaily, 2021c)



Şekil 12. The Crystal bina kesitleri (ArchDaily, 2021c)

### Bullitt Center:

Bina Miller Hull ortaklığı tarafından ABD Seattle'da Bullitt Vakfına ait olarak tasarlanarak 2013 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 13, Şekil 14). Altı katlı ve 52 000 m<sup>2</sup> kullanım alanı olan bina yapılı çevrede sürdürülebilir tasarım kriterlerine uygun olarak inşa edilmiştir. Kiralanabilir bir ofis yapısı olarak kullanılmaktadır (Şekil 15, Şekil 16). %100 yerinde yenilenebilir enerji, su ve atık yönetimi ile 250 yıl kullanım ömrüne sahip olacak biçimde tasarlanmıştır. Mevcut yeni teknolojilerin, sistemlerin ve malzemelerin kullanımı ile binanın temel performans işlevleri gerçekleştirilmiştir. Kullanıcıların sağlıklı bir yaşam alanına sahip olmaları amaçlanmıştır (Miller Hull, 2021). Ahşap malzeme iyi bir çevresel çözüm olduğundan iç mekan tasarımda yaygın olarak yer almaktadır (Bullitt Center, 2021). Binanın ısıtılması 26 adet jeotermal kuyu aracılığıyla mekanlarda beton döşemenin altından geçen radyan boru sistemi ile gerçekleştirilir. Yaz aylarında sistem tersine çalıştırılabilir ve bu ısı toprağa geri kazandırılabilir. Binada 575 adet güneş paneli ile bir yıllık enerji ihtiyacının fazlası karşılanabilmektedir. Bina, kullanılan bina yönetim sistemini net sıfır enerji ve su tüketimi ile konforlu bir ortamının oluşturulmasına yardımcı olan pasif ve aktif sistemlere entegre etmektedir. Bilgisayar sistemi binanın çevre ile etkileşimini sağlamaktadır. Isıtma/soğutma, pasif/mekanik havalandırma, gün ışığı kontrolü, gri su metabolizması kontrolleri bina yönetim sistemi ile mümkündür. Havalandırma için pencerelerin otomatik olarak açılması, güneş ışığı gölgelemesi için otomatik panjur sisteminin çalışması, soğuk havalarda pencerelerin kapatılarak zemin kaynaklı ısı pompalarının çalıştırılması gibi kontroller bina yönetim sistemi tarafından gerçekleştirilmektedir. Atriyum düzeninde tasarlanan iç mekan doğal gün ışığı kullanımını artırmaktadır. Binanın ilk yapımında tuvaletler için kurgulanan kompostlama sistemi yakın zamanda vakum sistemi ile değiştirilmiştir. Vakum sistemi ile standart sifonlu tuvaletlerde %70 daha az su kullanımı sağlanmaktadır. Vakum pompaları katı atıkları toplama tankına taşımadan önce öğütücüden geçirmektedir. Toplama tankındaki atık, arıtma için kanalizasyona gitmektedir. Kompostlama sisteminde olduğu gibi atık su tesisinden gelen katılar gübre olarak kullanılmak üzere dönüştürülmektedir. Lavabolardan ve duşlardan gelen su bir gri su tankında depolanmakta, üç aşamalı bir filtreleme işleminden geçerek vakumlu tuvalet sisteminde yeniden kullanılmaktadır. Binada

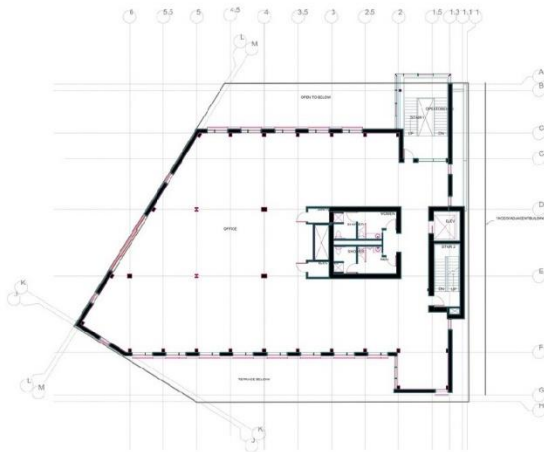
kullanılan suyun tamamı çatıda güneş panellerinin altında biriktirilen yağmur suyundan sağlanmaktadır. Yağmur suyu aşağıya inerken filtre edilerek büyük partiküllerden arındırılmaktadır. Toplanan suyu tutmak için bir günlük kullanım tankı mevcuttur ve yağmur suyundan işlemler sonucunda içilebilir su oluşturulabilmektedir. Binada teknolojik bir asansör sistemi ile frenlemeden elde edilen kinetik enerjiyi kullanılabilir elektriğe dönüştürmek için rejeneratör kullanılmaktadır.



Şekil 13. Bullitt Center dış görünüm (PlaceTech, 2018)



Şekil 14. Bullitt Center iç mekan çalışma alanı (PlaceTech, 2018)



Şekil 15. Bullitt Center ofis kat planı (ArchDaily, 2021d)



Şekil 16. Bullitt Center bina kesiti (ArchDaily, 2021d)

### Frasers Tower:

Bina Singapur'un ana merkezi iş bölgesi içinde DP Architects tarafından tasarlanarak 2018 yılında kullanıma açılmıştır. 235 m yüksekliğinde yeşilliklerle çevrili açık ve kapalı çalışma alanlarına sahip 77 200 m<sup>2</sup>lik A sınıfı bir ofis binası olarak tasarlanmıştır (DP Architects, 2021) (Şekil 17, Şekil 18). Yapılı çevrede çevresel sürdürülebilirlik değerlendirme sonucunda BCA Green Mark platin derecelendirmesine sahip bina çevre dostu özellikleriyle yeşil ve sürdürülebilir bir işyeri ortamını hedeflemektedir. Çift camlı cephesi bölgenin panoramik manzarasını sağlarken güneş ısınsını azaltmada önemli ölçüde etkilidir. İç mekan hava kalitesini sağlamak üzere klima santrallerinde UV ışık sistemi, ofis kaynaklı kirleticileri ortadan kaldırmak için zaman kontrollü temizleme sistemi ve bodrum kat otoparkı için karbon monoksit sensörleri bulunmaktadır. Sulama için geri dönüştürülmüş su kullanılmaktadır. Binada enerji verimli iklimlendirme sistemi, yürüyen merdivenler ve rejeneratif asansörler yer almaktadır. Düşük güç tüketimi için düşük statik basınç kaybına sahip kanalsız fan sistemi mevcuttur. Ofis çevre aydınlatması için hareket sensörlü fotosel sistemi kullanılmaktadır. Elektrikli araç şarj istasyonları, otopark yönlendirme sistemi ve bisikletler için güvenli park alanları vardır. Binada sürdürülebilir ve geri dönüşümlü malzemelerin kullanımı ve yeşil çatı uygulaması bulunmaktadır. Bina yönetim sistemi dahilinde havalandırma, hava temizleme, enerji yönetimi ve ölçümü, aydınlatma kontrolü, yangın koruma sistemi izleme, asansör sistemi izleme ve güvenlik sistemi izleme uygulamaları yer almaktadır. Güvenlik giriş kontrolü, IP CCTV sistemi ve giriş kapı otomasyonu bulunmaktadır.



(Frasers Tower, 2021). Binada çalışanların bağlantı kurabilmesi ve iş birliği yapabilmeleri için dört farklı sosyal alan oluşturulmuştur. Zemin seviyesinde yeşil bir ortam, çatı katında şehrin panoramasına hakim bir mekan, etkinlikler, toplantılar, stratejik tartışmalar ve eğlence etkinlikleri için teras alanı ve çatı bahçeli 3 katlı podyumu mevcuttur (Şekil 19, Şekil 20).



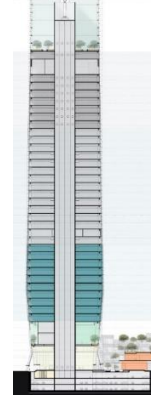
Şekil 17. Frasers Tower dış görünüm (DP Architects, 2021)



Şekil 18. Frasers Tower iç mekan (DP Architects, 2021)



Şekil 19. Frasers Tower zemin kat planı (Architizer, 2021)



Şekil 20. Frasers Tower bina kesiti (Architizer, 2021)

### 3. Araştırma Bulguları

Araştırmada yer alan tüm binalar belli sertifikasyon süreçlerine dahil olmuş ve özellikle sürdürülebilirlik kriterlerinde önemli dereceler almıştır. Binaların mimari tasarım alanında da farklı ödülleri bulunmaktadır. Araştırmada yer alan akıllı bina kriterleri yapılan literatür taramalarından ve yaygın olarak bilinen derecelendirme sistemlerinden yararlanılarak aşağıdaki yedi ana başlık altında oluşturulmuştur:

- Enerji tasarrufu
- Doğal aydınlatma / doğal havalandırma
- Çevresel duyarlılık
- Sosyal olanaklar / kullanıcı konforu
- Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri
- Güvenlik
- Su tasarrufu / atık su kullanımı

Araştırmada incelenen binaların sürdürülebilirlik alanında aldıkları sertifika dereceleri de ayrıca belirtilmiştir. Binaların belirlenen kriterler altındaki başlıca önemli özellikleri Çizelge 2’de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.** Akıllı bina örneklerinin belirlenen kriterler altında başlıca özellikleri

Bina adı:	The Edge	Shangai Tower	The Crystal	Bullitt Center	Frasers Tower
Yapım yeri/yılı:	Hollanda (2015)	Çin (2015)	İngiltere (2012)	ABD (2013)	Singapur (2018)
Tasarım grubu:	PLP Architecture	Gensler	WilkinsonEyre	Miller Hull	DP Architects
Kullanım türü:	Ofis	Karma kullanım	Sergi/konferans	Ofis	Ofis
Kullanım alanı:	40 000 m <sup>2</sup>	540 000 m <sup>2</sup>	6 300 m <sup>2</sup>	52 000 m <sup>2</sup>	77 200 m <sup>2</sup>
	Çatı ve cephelerde fotovoltaik paneller	Dikey eksenli rüzgar tribünleri ile elektrik üretimi	Fotovoltaik panellerle elektrik enerjisinin karşılanması	Binanın ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılayan güneş panelleri	Rejeneratif asansörler
	Akifer termal enerji depolama sistemi	Isıtma sistemi için basınçlı buhar kullanımı ile azaltılmış taşıma enerjisi	Pil depolama ünitesi	Rejeneratif asansörler	Enerji verimli yürüyen merdivenler
<b>Enerji tasarrufu</b>	Ethernet bağlantılı LED aydınlatma sistemi	Isı tasarrufu sağlayan şeffaf ikinci kabuk	Gelişmiş enerji yönetim sistemi	250 yıllık kullanım ömrü	Kanalsız fan sistemi
	Kullanım, hareketlilik, ışık seviyeleri ölçen akıllı sistemler	Çift katmanlı yüksek toleransa sahip güçlendirilmiş cam cephe ile azaltılan iklimlendirme ihtiyacı	Doluluk oranı algılama sensörleri	%82 oranında doğal gün ışığına sahip olarak aydınlatma enerjisi tasarrufu	Hareket sensörlü aydınlatma sistemi
	Akıllı temizlik robotları	Led aydınlatma			
<b>Doğal aydınlatma / doğal havalandırma</b>	Doğal ışık sağlayan atriyum tasarımı	Doğal ışık sağlayan cam cephe tasarımı	Doğal ışık sağlayan yüksek performanslı camlar	Doğal aydınlatma sağlayan atriyum tasarımı	Güneş ısını azaltan teknolojik cam cephe
	Cephelerde havalandırma için açılabilir paneller	Pencere ve panjurları kontrol eden yönetim sistemi	Doğal havalandırma sağlayan otomasyon sistemi	Havalandırma için otomatik çalışan pencereler	Panoramik manzara
	Cam cephe tasarımı			Güneş ışığı için otomatik panjur sistemi	
<b>Çevresel duyarlılık</b>	Mevcut otoban ile bina arasında oluşturulan ekolojik koridor	Bina salınımları ve inşaat maliyetleri azaltan ayarlı kütüphane damperleri	Bina çevresinde yer alan yeşil alan ve ağaçlar	Yaya, bisiklet ve toplu taşıma dostu bir yaşam tarzını destekleyen erişilebilir konum	Sürdürülebilir ve geri dönüşümlü malzeme kullanımı
		Binanın formu ile rüzgar yüklerinin ve inşaat maliyetlerinin azaltılması		Malzeme seçiminde kırmızı liste yapı malzemelerinden kaçınılması	Elektrikli araç şarj istasyonları
		Doğalgaz yakıtlı kojenerasyon sistemi		Doğal ahşap malzeme kullanımı	Yeşil çatı
<b>Sosyal olanaklar / kullanıcı konforu</b>	Yeni çalışma modellerine uygun esnek çalışma düzeni	Çeşitli sosyal ve kültürel mekanlar	Elektrikli araçlar için şarj üniteleri	Kullanıcılara binanın iç hava kalitesi ve tüketim ölçümlerini bildirmek için kiosk	Dört farklı sosyal alan ve farklı fonksiyonlarda tesisler
	Etkileşimi yüksek çalışma, toplantı ve mola ortamları	Yüksek hızlı asansörler	Sinema, sergi salonu, kafe gibi sosyal alanlar	Katlarda tuvaletlere entegre edilmiş soyunma odaları	Kamuya açık yeşil alan
	Çalışanlara yönelik özel mobil aplikasyon hizmeti		Yüksek ziyaretçi oranları ile etkileşim imkanları	Panoramik manzaralı, camla çevrili davetkar tasarımlı merdiven	
	Kişiselleştirilmiş çalışma alanları		Kentsel peyzaj alanı ile entegre yerleşim	Bisiklet alanı, tamir istasyonu ve duşlar	
<b>Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri</b>	Nem ve ısı ölçen akıllı sistemler	Jeotermal enerji kaynakları kullanılan ısıtma ve soğutma sistemleri	Zemin kaynaklı ısı pompaları kullanılarak sağlanan ısıtma ve soğutma işlemleri	Jeotermal kuyular aracılığıyla kullanılan radyan boru ısıtma sistemi	Klima santrallerinde UV ışık sistemi
	Akıllı havalandırma sistemi	Akıllı havalandırma sistemi	Motorlu menfezlerle akıllı havalandırma	Akıllı pasif/mechanik havalandırma	Zaman kontrollü hava temizleme sistemi
<b>Güvenlik</b>	Güvenli bisiklet park alanı	Acil durumlarda tahliye asansörleri	Gelişmiş yangın sensör sistemleri	Güvenli bisiklet park alanı	Güvenlik giriş kontrolü ve kapı otomasyonu
	Akıllı park sistemi		CCTV sistemleri		Yangın koruma sistemi

	Yağmur suyu arıtma ve kullanımı	Yağmur suyunun toplanması, atık suyun geri dönüştürülmesi	Yağmur suyu arıtma sistemi	Vakum sistemli tuvaletler ve katı atık gübre dönüşümü	Sulamada geri dönüştürülmüş su kullanımı
<b>Su tasarrufu / atık su kullanımı</b>		Temiz su sistemi çalışma prensibinin kullanım miktarını azaltması	Kullanılan suyun tuvaletlerde ve sulamada kullanılmak üzere geri dönüşümü	Gri su filtreleme ile kullanım suyu geri kazanımı	
<b>Sertifikalar</b>	BREEAM (Olağanüstü)	LEED (Platin)	BREEAM (Olağanüstü) LEED (Platin)	Yaşayan Bina Sertifikası	BCA Green Mark (Platin)

İncelen akıllı binalarda öne çıkan en önemli ortak özellikler sürdürülebilir yapım ve kullanım olanaklarının sağlanmasıdır. Binaların ekonomik, çevresel ve toplumsal gereksinimlerinin sürdürülebilirlik görüşünün temel ilkelerine uygun olarak tasarım ve inşaa sürecinden itibaren yaşam ortamlarına en az negatif etki ile oluşturulması ve kullanılması hedeflenmektedir. Örnek akıllı binaların tümünde disiplinler arası çalışma ile alanında uzman ekiplerin bir araya geldiği ve yapıların ekip çalışması ile gerçekleştirildikleri tespit edilmiştir. Mimari alanda tasarımcılarının tanıtıldığı bu çalışmada binaların tasarım ve yapım süreçlerinde statik, mekanik, elektrik, peyzaj gibi alanlarda çok kalabalık uzman ekipler bir arada yer almıştır.

Akıllı binalarda bilgi ve iletişim teknolojilerinin sağladığı gelişmeler ile iyi işleyen bina yönetim sistemleri kullanılmaktadır. Özellikle enerji kazancı amacıyla güneş, jeotermal kaynaklar ve rüzgar gibi başlıca doğal kaynaklardan verimli şekilde yararlanılmaktadır. İncelenen binaların tümünde ortak olan veya ilave ön görülmüş enerji tasarruf yöntemleri bulunmaktadır. Enerji tüketimini kontrol amaçlı hareket, ısı, ışık ve diğer sensörler, rejenaratif asansörler, verimli enerji depolama üniteleri, ekonomik armatürler, enerji kaybını azaltmaya yönelik cephe ve plan tasarımları, uygun malzeme ve yapım tekniği seçimleri bu yöntemlerden yaygın olanlarıdır.

Akıllı binalarda doğal ışık kullanımı ile enerji, sağlık, konfor gibi unsurlarda önemli katkılar sağlanmaktadır. Araştırmada yer alan örneklerin tümünde şeffaf ve yüksek teknoloji cam cephe kullanımı mevcuttur. Ayrıca atriyum, galeri ve iç bahçe uygulamaları tercih edilmekte, hem görsel konfor hem de doğal ışık ve havalandırma gereksinimlerine çözüm bulunmaktadır. Binaların tümü yeşil ve çevre ile ilişki kuracak şekilde tasarlanmıştır. Havalandırma için otomasyon sistemlerinden yararlanılmakta ve ekonomik kontrol mekanizmaları işletilmektedir. Örnek binalarda yer alan akıllı pencere ve panjur kontrol sistemleri bina yönetim sistemlerine entegre olarak kullanılmaktadır.

Çalışmada çevresel duyarlılık kapsamında ekolojik yaşama destek olmayı amaçlayan sürdürülebilir seçimlerin yapıldığı tasarımlarla karşılaşılmaktadır. Binalarda yeşil alanların oranı oldukça yüksektir ve peyzaj unsurları tasarımlarda etkili olarak rol almaktadır. Erişim olanaklarının kolaylaştırılmasına yönelik çabalar mevcuttur. Özellikle yaya ve bisiklet ulaşımını destekleyen çözüm önerileri ile karşılaşılmaktadır. Bina çevrelerinin kamu tarafından kullanılması amaçlı düzenlemelerin ve park, kafe, rekreasyon alanı gibi fonksiyonlar içeren tasarımların gerçekleştirildiği görülmektedir. Yapı malzemesi seçimlerinde sürdürülebilir ve geri dönüşümlü, doğa dostu, zararlı içerik içermeyen ürünlerin tercih edildiği bulgulanmaktadır.

Akıllı binaların gelişiminde insan sağlığının korunması, konforunun ve refahının daha iyi şartlarla sağlanması önemli bir çıkış noktasıdır. Ele alınan örnek akıllı binalarda sosyal olanaklar ve kullanıcı konforu kapsamında değerlendirilen başlık altında bu gereksinimleri sağlamak amacıyla gerçekleştirilen bazı uygulamalar yer almaktadır. Ortak özellikler olarak kullanıcıların bir araya gelerek sosyalleşmelerine imkan veren yeme içme mekanlarının, kültürel alanların ve dinlenme alanlarının tasarımlarının öne çıkması gösterilebilir. Binalarda kullanıcı konforunu sağlamak üzere mekanik kontrol sistemleri, manzara erişimi sağlayan mimari tasarımlar, hızlı ve kolay erişim olanakları yaygın olarak düzenlenmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri bu başlık altında mobil uygulamalar, hızlı internet erişimi, etkileşimli sistem tasarımları gibi uygulamalarla karşımıza çıkmaktadır.

Akıllı bina örneklerinde ısıtma ve soğutma kontrollü bina yönetim sistemleri kullanılmaktadır. Isıtma ve soğutma yöntemleri binaların enerji türü tercihlerine göre değişkenlik göstermektedir. Ortak noktada

gelişmiş sensörler ve akıllı kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Araştırmada yer alan bina örneklerinde görüldüğü gibi bina yönetim sistemlerine entegre akıllı havalandırma sistemleri otomasyonu sağlamakta, yüksek iç mekan hava kalitesinin ve sağlıklı ortamın oluşmasına imkan vermektedir. Aynı şekilde bina yönetim sistemlerine entegre güvenlik sensörleri, kameralar, yangın güvenlik sistemleri akıllı bina örneklerinde yer almaktadır. Sürdürülebilirlik kapsamında su tasarrufunun azaltılması ve su kaynaklarının iyi değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan tüm akıllı binalarda su kaynaklarının verimli kullanılması amacıyla önlemler ve ilave uygulamalar yer almaktadır. Yağmur suyundan yararlanılması ve arıtılması, atık suların geri dönüşümü, su tasarruflu armatürler, az su kullanımını sağlayan temiz su ve tuvalet sistemleri gibi uygulamalar görülmektedir.

Akıllı bina örnekleri incelendiğinde, bilgi ve iletişim teknolojilerinin alt yapısı kullanılarak sistemlerin entegrasyonunun sağlandığı, bu sayede ekonomik, sağlıklı ve sürdürülebilir çevrelerin verimli olarak oluşturulabildiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri akıllı binaların yaşam döngüsü içinde lokomotif unsur olarak yerini almaktadır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimi ile binaların ağ sistemleri ile donatılmasına imkan sağlanmıştır. Akıllı bina sistemleri sadece aydınlatma, havalandırma, iklimlendirme gibi fonksiyonların komuta edilebildiği yapılandırmaların ötesine geçerek birçok teknolojinin bütünleştirildiği projeler biçimini almıştır. Enerjide verimlilik ve tasarruf olanakları bilgi ve iletişim teknolojilerinin sunduğu hizmetlerle hayata geçirilebilmektedir. Etkin enerji verimliliği, entegre ağ sistemleri, uzaktan erişim ve kontrol olanakları, kullanıcılara konfor ve sağlık desteği gibi çok çeşitli unsurların ele alındığı platformlar haline gelmiştir. Tasarımlar malzeme gelişimlerinden ve üretim teknolojilerinden etkilenmektedir. İnsan merkezli tasarımlarda teknolojik olanaklardan ve yöntemlerden yararlanılması daha kullanışlı ve güvenli mekanların oluşturulmasında destek sağlamaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin yaygın olarak mimari tasarımda karşılık bulması kullanıcı istek ve talepleri ile yakından ilişkilidir. Bu teknolojilerin günlük yaşamda sağladığı konfor ve alışkanlıklar yaşamın bir parçası olarak mekan tasarımlarında da yerini almaktadır. Kullanıcıların yaşam kalitesini artıran, otomatik kontrol ve izleme avantajları sağlayan akıllı sistemlerin desteği ile şekillenen akıllı binalar gelişimlerini hızlı olarak devam ettirmektedir. Binalarda sistemler arasında enformasyon paylaşımının sağlanmasıyla otomasyon yoluyla daha akılcı ve kolay karar verme imkanı oluşmaktadır. Akıllı binalarda faydanın, işlevin ve tasarrufun en yüksek seviyelerde sağlanması hedeflenmektedir. Veri mahremiyeti, gizlilik, siber güvenlik gibi sorunların dikkate alınması gerekir. Akıllı binalarında sistemlerinde verimliliğin sürdürülebilmesi ve artırılması önemlidir. Kullanıcıların fiziksel ve zihinsel sağlıklarını göz önüne alınması ve kullanıcı memnuniyetinin olabilecek en üst seviyede sağlanabilmesi amaçlanır.

Akıllı binaların tasarımında ve işletilmesinde sürdürülebilirlik ilkesinin temini tüm örneklerde öne çıkmaktadır. Bu özellikli binaların kullanımı ile az enerji tüketiminin sağlanması, güneş ve rüzgar gibi doğal kaynaklardan en üst seviyede yararlanılması, daha az karbon ayak izi ve daha sağlıklı, konforlu ve güvenli yaşam alanlarının temini hedeflenmektedir. Akıllı binaların işletilebilmesi için bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin şekilde kullanılması gerekmektedir. Akıllı teknolojiler bina performansı beklentilerine paralel olarak gelişim gösterme eğilimindedir. Son yıllarda pandemi gibi ortaya çıkan yeni koşullar ve değişen beklentiler akıllı bina tasarımını etkilemektedir. Çevreye ve doğaya karşı sorumluluğumuzun artması, kaynakların hızlı şekilde tükeniyor olması, ulusal ve uluslararası terör veya eylem benzer güvenlik problemlerinin görülmesi gibi teknik, ekonomik ve sosyal birçok faktör tasarım ve inşaat sektöründe ele alınması gereken gündemler haline gelmektedir. Akıllı binalar, talep edilen gelişmiş çok çeşitli fonksiyonun hayata geçirilmesinde önemli role sahip olmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki yenilikler ve olanaklar akıllı binaların tasarım fikirlerinde ve yapısal gelişimlerinde destek sağlayacaktır.

#### Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada etik kurul izni gerekmemiştir.



## Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makale tek yazarlı olup herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynaklar

- ArchDaily. (2021a). *The Edge/PLP Architecture*. Erişim adresi: <https://www.archdaily.com/785967/the-edge-plp-architecture>
- ArchDaily. (2021b). *Shanghai Tower/Gensler*. Erişim adresi: <https://www.archdaily.com/783216/shanghai-tower-gensler>
- ArchDaily. (2021c). *The Crystal/Wilkinson Eyre Architects*. Erişim adresi: <https://www.archdaily.com/275111/the-crystal-wilkinson-eyre-architects>
- ArchDaily. (2021d). *The 'World's Greenest Commercial' Building Opens in Seattle Today*. Erişim adresi: <https://www.archdaily.com/363007/the-world-s-greenest-commercial-building-opens-in-seattle-today>
- Architizer. (2021). *Fraser's Tower: Singapore*. Erişim adresi: <https://architizer.com/projects/frasers-tower-2/>
- BOMA Canada. (2021). *Answering The Needs Of: Owners, Managers & Tenants*. Erişim adresi: <https://bomacanada.ca/bomabest/smartbuildings/>
- Bullitt Center. (2021). *Building Features*. Erişim adresi: <https://bullittcenter.org/building/building-features/>
- Castells, M. (2005). *Enformasyon çağı: Ekonomi, Toplum ve Kültür Ağ Toplumunun Yükselişi*. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Ching, F. D. K. (2007). *Architecture: Form, Space, & Order*. Third Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Chow, L. K. H. (2005). New Intelligent Building Index For Buildings Around The World – A Quantitative Approach In Building Assessment Experience With Hong Kong Tallest Building, Two International Finance Centre. Y. K. Cheung & K. W. Chau (Ed.). *Tall Buildings: From Engineering to Sustainability* içinde (s. 963-971). doi:10.1142/9789812701480\_0142
- Corbusier, L. (2017). *Bir Mimarlığa Doğru*. (S. Merzi, Çev.). İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (2021). *Shanghai Tower*. Erişim adresi: <https://www.skyscrapercenter.com/building/shanghai-tower/56>
- Design Build Network. (2021). *The Crystal by Siemens, London*. Erişim adresi: <https://www.designbuild-network.com/projects/the-crystal-by-siemens-london/>
- DP Architects. (2021). *Projects: Fraser's Tower*. Erişim adresi: <https://www.dpa.com.sg/projects/fraserstower/#0>
- Ekoyapı. (2017, Ocak). *Dünyanın En Yeşil Binası: The Edge*. Erişim adresi: <https://www.ekoyapidergisi.org/dunyanin-en-yesil-binasi-the-edge>
- Fındıkçı, İ. (1996). *Bilgi Toplumunda Yöneticilerde Kendini Geliştirme*. İstanbul: Kültür Koleji Eğitim Vakfı Yayınları.
- Fraser's Tower. (2021). *Smart Building Integration*. Erişim adresi: <https://www.fraserstower.com.sg/about-smartfeatures.php>
- Froufe, M. M., Chinelli, C. K., Guedes, A. L., Haddad, A. N., Hammad, A. W. ve Soares, C. A. (2020). Smart Buildings: Systems and Drivers. *Buildings*, 10(9), 153. doi:10.3390/buildings10090153
- Gensler. (2021). *Shanghai Tower*. Erişim adresi: <https://www.gensler.com/projects/shanghai-tower>
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., AlWaer, H., Chang, S., Halawa E., Ghaffarianhoseini, A. ve Clements-Croome, D. (2016) What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an

international perspective, *Architectural Science Review*, 59(5), 338-357. doi: 10.1080/00038628.2015.1079164

Harrison, A., Loe, E. ve Read, J. (2012). *Intelligent Buildings in South Asia*. Oxon: Taylor Francis.

Harvey, D. (1999). *Postmodernliğin Durumu*. 2. Baskı. (S. Savran, Çev.). İstanbul: Metis Yayınları.

IGI Global. (2021). *What is Intelligent Building*. Erişim adresi: <https://www.igi-global.com/dictionary/gesture-driven-system-for-intelligent-building-control/15019>

Jia, M., Komeily, A., Wang, Y. ve Srinivasan, R. S. (2019). Adopting Internet of Things for the development of smart buildings: A review of enabling technologies and applications. *Automation in Construction*, 101, 111-126. doi:10.1016/j.autcon.2019.01.023

Miller Hull. (2021). *Bullitt Center: Seattle, WA*. Erişim adresi: <https://millerhull.com/project/bullitt-center/>

Minoli, D., Sohraby, K. ve Occhiogrosso, B. (2017). IoT Considerations, Requirements, and Architectures for Smart Buildings – Energy Optimization and Next Generation Building Management Systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 269-283. doi:10.1109/JIOT.2017.2647881

Omar, O. (2018). Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection. *Alexandria Engineering Journal*, 57, 2903-2910.

Online Etymology Dictionary. (2021). *Technology*. Erişim adresi: <https://www.etymonline.com>

PlaceTech (2018, Temmuz) *Case study: World's smartest buildings: Bullitt Center, Seattle*. Cruickshank, A: Yazar. Erişim adresi: <https://placetech.net/strategy/worlds-smartest-buildings-bullitt-center-seattle/>

PLP Architecture. (2021). *The Edge Amsterdam, The Netherlands*. Erişim adresi: <https://www.plparchitecture.com/the-edge.html>

Po-Chi, L. ve Bonnie, L.Y.M. (2014) An intelligent building index awarded building. Derek Clements-Croome (Ed.) *Intelligent buildings : An introduction içinde* (s. 175-186). Oxon: Routledge.

Rawte, R. (2017). The role of ICT in creating intelligent, energy efficient buildings. *Energy Procedia*, 143, 150-153.

Senn, J. A. (1995). *Information Technology in Business*. New Jersey: Prentice Hall Int.

SPIRE Smart Buildings. (2021). *The world's first comprehensive smart building assessment and rating program*. Erişim adresi: <https://spiresmartbuildings.ul.com>

To W. M., Lai L. S. L., Lam, K. H. ve Chung, A. W. L. (2018). Perceived Importance of Smart and Sustainable Building Features from the Users' Perspective. *Smart Cities*, 1(1), 163-175. doi: 10.3390/smartcities1010010

Toffler, A. (1993). *Dünyayı Nasıl Bir Gelecek Bekliyor?* (M. Çitkaya, Çev.). İstanbul: İz Yayınları.

Topal, A. S. ve Arpacıoğlu, Ü. (2020). Mimarlıkta Akıllı Malzeme. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 241-254. doi:10.30785/mbud.784518

Webster, F. (2004). *The Information Society Reader*. London: Routledge.

Wen, S. L., Hsiao, C. P. ve Chen, C. T. (2009). Intelligent Buildings. F. Haghighat ve J.J. Kim (Ed.). *Sustainable Built Environment, Volume I içinde* (s. 209-225). Oxford: Eolss Publishers Co. Ltd.

WilkinsonEyre. (2021). *The Crystal: London, UK*. Erişim adresi: <https://www.wilkinsoneyre.com/projects/the-crystal>

WiredScore. (2021). *Setting the global standard for technology in the built world*. Erişim adresi: <https://wiredscore.com>

Xia, J., Poon, D. ve Mass, D. (2010). Case Study: Shanghai Tower. *CTBUH Journal*, Issue II, 12-18.

## **Forming of Information and Communication Technologies in Design: Smart Buildings**

### **Summary**

The search for a comfortable, safe and better life has been ongoing from the past to the present. People have sought solutions to facilitate their lives in every different historical period. Beginning from the earliest societies, the desire of human beings to constantly develop and exist in better living conditions has directed economic and social changes by encouraging progress. The rapid development of information and communication technologies has enabled new technological applications in the field of design. In addition to the fact that many social, economic, and environmental factors play a role in the formation of smart buildings, the construction and operation possibilities of these structures have been realized through technological developments. In this research, examples of smart buildings built after the year 2000 were examined by considering their distribution among different countries. The construction years, designers, and smart building features of the five different smart buildings examined were evaluated under various criteria. The study aims to determine the usage areas of information and communication technologies through the examples of smart buildings and to emphasize the contributions of these technologies in the fields of energy saving, sustainability, health, comfort, and security support, and cost savings.

The achievements in today's living conditions have taken place after many social and economic changes. In every period of history, there have been new inventions and innovations to raise living standards and to achieve better conditions. Primitive societies constituted the first step of social life. In these societies, meeting the basic physiological needs was the primary problem. In these societies, the level of production was very low in economic terms, and production was made as much as needed. Instead of trying to dominate the environment and nature, life was maintained with the desire to be protected in a nomadic style. Agrarian societies were formed by the transformation of primitive societies into communities that adopted a settled lifestyle. The land becomes an important capital, the economy and power now depend on the land. With the increase of agricultural products and population in societies, new needs formed. The mass production of the products took place during the Industrial Revolution. After the Industrial Revolution, which started in the second half of the 18th century, a new economic system based on a production developed. Machinery, raw materials, and technology became the new capital instead of land. Along with technological developments, the production also increased rapidly. After the rise and spread of the Industrial Revolution, due to the difficulties in supplying raw materials and labor, and the global oil crisis, developed countries started to transform to sectors based on high technology from industrial sectors with high-energy consumption. Information societies emerged as a result of these developments. Efficiency and energy-saving issues gained importance. With the acceleration of the globalization process, the speed of spreading of technology also increased. In new societies, knowledge-based economic systems and transferable money systems developed along with new concepts. New concepts such as learning by living, self-learning, and lifelong learning develop. Changes brought by individualization also have an impact on space and building designs. Standard designs and productions are replaced by special space solutions suitable for the demands and wishes of individuals. Efforts are made to make innovations faster in the new lifestyle where information and communication are valued. Opportunities provided by new communication environments and individual applications also have an impact on society. With the development of information and communication technologies, automation systems in buildings are being used and improved. The concept of smart buildings has emerged with the use of newly developed infrastructure systems in buildings. The desire to use energy and energy resources efficiently and economically, increasing environmental awareness, and understanding the importance of the sustainability principle are the factors that enable the formation and development of smart buildings. With the development of societies and the increase in their welfare, the demand for healthy and comfortable living spaces is one of the reasons for the rapid spread of smart buildings.

The integration of information and communication technologies is required in all application areas regarding smart buildings and building systems. These buildings form a structure that integrates

technology and process to create a safer, more comfortable, and operationally efficient environment for its users. While the number of criteria considered by different institutions and organizations in the evaluation of smart buildings varies, it is determined that the buildings constructed using the innovations of information and communication technologies to create efficient, comfortable, and healthy living spaces have common or similar characteristics. The smart technologies of buildings are important in terms of the features that the owners, users, and the entire associated environment benefit from.

The examples of smart buildings discussed in this study are The Edge in Holland (2015), Shanghai Tower in China (2015), The Crystal in the United Kingdom (2012), Bullitt Center in the USA (2013), and Frasers Tower in Singapore (2018) which are widely known in the world and have advanced smart technological features. The smart building criteria in the research have been formed under seven main headings as stated below, using the literature reviews and widely known rating systems:

- Energy-saving
- Natural lighting/natural ventilation
- Environmental sensitivity
- Social facilities/user comfort
- Heating, cooling, and ventilation systems
- Security
- Water saving/waste water use

The most important common features of the examined smart buildings are the provision of sustainable construction and usage opportunities. All buildings studied in the research have been included in certain certification processes and have received significant degrees, especially in sustainability criteria. It is aimed to create and use the economic, environmental, and social requirements of the buildings by the basic principles of the sustainability view.

In smart buildings, effective building management systems are used with the developments provided by information and communication technologies. Mainly natural resources such as solar, geothermal resources, and wind are used efficiently, especially for energy gain. All of the examined buildings have common or additional foreseen energy-saving methods. Among these common methods are, motion, heat, light, and other sensors to control energy consumption, regenerative elevators, efficient energy storage units, economical fixtures, facade and plan designs to reduce energy loss, and appropriate material and construction technique selection. With the use of natural light in smart buildings, important contributions are made in terms of energy, health, and comfort. Transparent and high-tech glass facades, atrium, gallery, and indoor garden applications are preferred, providing solutions for both visual comfort and natural light and ventilation requirements.

In this study, designs are encountered which aim to support ecological life within the scope of environmental awareness. The rate of green areas in buildings is quite high and landscape elements play an effective role in designs. There are attempts to facilitate access which in particular are solutions that support pedestrian and bicycle transportation. It has been found that sustainable and recyclable, nature-friendly products that do not contain harmful ingredients are preferred in building material selections. In the development of smart buildings, protecting human health, and providing comfort and well-being with better conditions is an important starting point. In the sample smart buildings discussed, there are various designs carried out to meet these requirements which are evaluated within the scope of social facilities and user comfort. Information and communication technologies appear under this heading with services such as mobile applications, fast internet access, and interactive system designs.

Building management systems are used to control heating and cooling in smart building examples. Heating and cooling methods vary according to the energy type preferences of the buildings. They use advanced sensors and intelligent control systems. Security sensors, cameras, and fire safety systems

are integrated into building management systems in smart building examples. Within the scope of sustainability, it is important to reduce water savings and make good use of water resources. It is also observed that the use of applications such as utilization and purification of rain water, recycling of waste water, water-saving armatures, clean water, and toilet systems contribute to less water consumption.

When the smart building examples are examined, it is concluded that the integration of the systems is ensured by using the infrastructure of information and communication technologies to ensure economical, healthy, and sustainable environments. Information and communication technologies take their place as the locomotive element in the life cycle of smart buildings. With the development of information and communication technologies, it has been possible to equip buildings with network systems. Smart building systems have gone beyond configurations where functions such as lighting, ventilation, and air conditioning can be remotely controlled and have taken the form of projects in which many technologies are integrated. Efficiency and saving opportunities in energy can be actualized with the services offered by information and communication technologies. Designs are influenced by material developments and production technologies. Utilizing technological opportunities and methods in human-centered designs provides support for the creation of more useful and safe spaces. The widespread use of information and communication technologies in architectural design is closely related to user requests and demands. The comfort and habits that these technologies provide in daily life take their place in space designs as part of life. Smart buildings, which are shaped by the support of smart systems that increase the quality of life of users and provide automatic control and monitoring advantages, continue developing rapidly. By providing information sharing between systems in buildings, more rational and easier decision-making is possible through automation. It is aimed to provide the highest level of benefit, function, and savings in smart buildings. Issues such as data privacy, confidentiality, and cybersecurity need to be contemplated. It is also aimed to take into consideration the physical and mental health of the users and provide the highest possible level of user satisfaction. The provision of the principle of sustainability in the design and operation of smart buildings stands out in all examples. To operate smart buildings, information and communication technologies must be used effectively. Smart technologies tend to develop in line with building performance expectations. New conditions and changing expectations that have emerged in recent years, such as a pandemic, affect smart building design. Many technical, economic, and social factors, such as the increase in our responsibility towards the environment and nature, the rapid depletion of resources, and the occurrence of security problems such as national and international terrorism or actions, become the agendas that should be addressed in the design and construction sector. Smart buildings play an important role in the realization of a wide variety of demanded advanced functions. Innovations and possibilities in information and communication technologies will support the design ideas and structural developments of smart buildings.

