

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI



SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPIM İÇİN BİNA CEPHELERİNDE
AKILLI MALZEMELERİN UYGULANMASI

BERAT ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri: **Doç. Dr. Yeliz TÜLÜBAŞ GÖKUÇ (Tez Danışmanı)**
 Prof. Dr. Berrin AKGÜN.....
 Prof. Dr. Bedriye ASIMGİL.....

BALIKESİR, HAZİRAN - 2023

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Sürdürülebilir Yapım İçin Bina Cephelerinde Akıllı Malzemelerin Uygulanması**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Berat ÖZDEMİR

ÖZET

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPIM İÇİN BİNA CEPHELERİNDE AKILLI
MALZEMELERİN UYGULANMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BERAT ÖZDEMİR
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. YELİZ TÜLÜBAŞ GÖKUÇ)**

BALIKESİR, HAZİRAN - 2023

Endüstri Devrimi ile başlayan Antroposen Çağı'nın temel problemi olarak karşımıza çıkan insan faaliyetlerinin doğal çevre üzerindeki olumsuz etkileri, nüfus artışı, enerji kaynaklarının tükenme tehlikesi ve dünya savaşları sonrası meydana gelen ekonomik krizler sonucu diğer tüm profesyonel alanlarda kendisine yer bulan sürdürülebilirlik kavramının mimarlık pratiğinde de yer bulması kaçınılmaz olmuştur. Temel odak noktası kullanıcı konforundan ödün vermemek ve gelecek nesillerin imkanlarını riske etmemek olan sürdürülebilir yapım anlayışında, çevresel, sosyal, ekonomik, kültürel ve teknolojik sürdürülebilirlik kriterleri yapı tasarımında etkin rol oynamaya başlamıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı doğrultusunda mimarlık literatürüne dahil olan sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla birlikte, stabil ve çevresel koşullarla mücadele eden yapım anlayışı yerini yapı yaşam döngüsü boyunca değişen kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayabilen ve çevresel uyaranlara yanıt verebilen yapım anlayışına bırakmıştır. Yapılarda enerji kayıp/kazançlarının en yoğun olduğu yapı elemanı olan cephe sistemleri de sürdürülebilir yapım anlayışıyla birlikte değişim ve gelişim göstermiştir. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda mimarlık pratiğinde önemli gündem maddesi haline gelen akıllı bina sistemleri ve akıllı malzemeler aracılığıyla yapı cephelerinde sürdürülebilir tasarım uygulamaları artış göstermiştir.

Tez çalışmasının amacı, mimarlık sektöründe sürdürülebilir yapım uygulamalarının, sürdürülebilir cephe tasarımlarının, akıllı bina sistemlerinin ve kullanılan akıllı malzemelerin önemini Türkiye'den ve dünyadan seçilen örnekler üzerinden inceleyerek tespit etmek ve insan neslinin sürdürülebilirliği açısından önemine vurgu yapmaktır.

ANAHTAR KELİMELEER: Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimari, sürdürülebilir yapım, akıllı bina sistemleri, cephe sistemleri, akıllı malzemeler

ABSTRACT

APPLICATION OF SMART MATERIALS IN BUILDING FACADES FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION

MSC THESIS

BERAT OZDEMIR

BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

ARCHITECTURE

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. YELİZ TULUBAS GOKUC)

BALIKESİR, JUNE - 2023

The concept of sustainability is adapted to all professional fields by researchers as a response to the destructive effects of human activities on the natural environment. The population growth, the danger of energy resource depletion, and the economic recession seen after the world wars, which are the main problem of the Anthropocene Epoch that started with the Industrial Revolution, also have an inevitable place in architectural practice. Environmental, social, economic, cultural, and technological sustainability criteria have begun to play an active role in building design. These criteria create an understanding of sustainable construction focusing on compromising user comfort without risking the options of future generations.

In line with the concept of sustainability, the term sustainable architecture has emerged in the architectural literature. Therefore, the means of stable construction that challenges the environmental conditions has left its place to the comprehension of construction that can meet the changing user needs and respond to environmental stimuli throughout the building life cycle. Facade systems, the building elements with the most energy loss/gain in buildings, have also changed and developed with the interpretation of sustainable construction. Sustainable design practices on building facades have increased through intelligent building systems and materials, which have become a significant agenda in architectural practice in line with technological developments.

The thesis study aims to determine the importance of sustainable construction practices, sustainable facade designs, intelligent building systems, and intelligent materials used in the architectural sector by examining the examples selected from Turkey and the world and emphasizing their importance in terms of the sustainability of human generation.

KEYWORDS: Sustainability, sustainable architecture, sustainable construction, smart building systems, facade systems, smart materials

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Kapsamı ve Amacı	3
1.2 Çalışmanın Organizasyonu	3
2. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA	4
2.1 Sürdürülebilirlik Kavramı	6
2.1.1 Sürdürülebilirliğin Boyutları	10
2.1.1.1 Çevresel Sürdürülebilirlik	11
2.1.1.2 Sosyal Sürdürülebilirlik	15
2.1.1.3 Ekonomik Sürdürülebilirlik	18
2.1.2 Sürdürülebilirlik Kavramının Tarihsel Gelişimi	21
2.2 Kalkınma Kavramı	25
3. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ	28
3.1 Sürdürülebilir Mimarinin Tarihsel Gelişimi	32
3.2 Sürdürülebilir Yapım	36
3.2.1 Sürdürülebilir Yapım Aşamaları	40
3.2.2 Sürdürülebilir Yapımda Kaynak Kullanımı	44
3.2.3 Sürdürülebilir Yapım İlkeleri	47
3.2.4 Sürdürülebilir Yapım Yöntemleri	53
3.2.5 Sürdürülebilir Yapım Sistemleri	55
4. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİDE AKILLI BİNA SİSTEMLERİ	58
4.1 Akıllı Bina Kavramı	59
4.1.1 Akıllı Bina Kavramının Ortaya Çıkışı	63
4.1.2 Akıllı Binaların Özellikleri	67
4.1.3 Akıllı Binalarda Alt Sistemler	71
4.1.3.1 Pasif Bina Alt Sistemleri	73
4.1.3.2 Aktif Bina Alt Sistemleri	77
4.1.4 Akıllı Binalar ve Sürdürülebilirlik	82
4.2 Akıllı Bina Cephe Sistemleri	85
4.2.1 Tabakalı Cephe Sistemleri	87
4.2.1.1 Tek Tabakalı Cepheler	87
4.2.1.2 Çift Tabakalı Cepheler	93
4.2.2 Enerji Üreten Cephe Sistemleri	97
4.2.2.1 Güneş Enerjisi Sistemleri	98
4.2.2.2 Rüzgar Enerjisi Sistemleri	99
4.2.3 Isı Alışverişini Dengeleyen Cephe Sistemleri	100
4.2.4 Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Cephe Sistemleri	101
4.2.5 Medya Ekranı Olarak Kullanılan Cephe Sistemleri	101

4.2.6 Akıllı Bina Cephe Sistemlerini Oluşturan Yapı Bileşenleri	102
4.2.6.1 Kabuk Bileşenleri	102
4.2.6.2 Güneş Kontrol Elemanları	103
4.2.6.3 Yağmur Suyu Depolama Elemanları	104
4.3 Akıllı Malzemeler	104
4.3.1 Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması	105
4.3.1.1 Nitelik Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemeler	107
4.3.1.2 Enerji Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemeler	112
4.3.1.3 Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler	117
5. AKILLI CEPHE SİSTEMLERİ VE AKILLI MALZEMELER İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR CEPHE UYGULAMALARI.....	118
5.1 Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı	119
5.2 Shangai Tower	122
5.3 Souchais Spor Kompleksi	125
5.4 Ara Pacis Müzesi	126
5.5 Al Bahar Towers	128
5.6 Council House 2.....	131
5.7 Bay View Campus-Google	137
5.8 İstanbul Sapphire	143
5.9 Maslak No/1	147
5.10 Türkiye Müteahhitler Birliği Binası	150
6. DEĞERLENDİRMELER	157
7. SONUÇ.....	161
8. KAYNAKLAR	165

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Maslow'un "İnsan Gereksinimleri Hiyerarşisi" Modeli (Akyıldız, 2020).....	5
Şekil 2.2: Gro Harlem Brundtland'ın El Yazısı ile Sürdürülebilir Kalkınma Tanımı (Keiner, 2005).....	8
Şekil 2.3: Sürdürülebilirlik kavramının 3 temel boyutu (Eşkin, 2019).....	11
Şekil 2.4: "Sylvicultura Oeconomica" kapağı (von Carlowitz, 1732).....	21
Şekil 3.1: Sürdürülebilir yapı için basitleştirilmiş kavramsal model (Kibert, 1994).....	39
Şekil 3.2: Sürdürülebilir yapı için detaylı kavramsal model (Kibert, 1994).....	40
Şekil 3.3: Yapı yaşam döngüsü şeması (Killough, 2014).....	43
Şekil 3.4: Yapılar için ömür boyu akış şeması (Langmaid, 2004); (Türker, 2021).....	44
Şekil 3.5: Yapı endüstrisinde girdiler ve çıktılar (Sev, 2009).....	45
Şekil 3.6: Sürdürülebilir Mimarlık Bileşenleri (Özorhon, 2013).....	49
Şekil 3.7: Sürdürülebilir yapı ilkeleri ve yapı yöntemleri (Kim & Rigdon, 1998).....	52
Şekil 4.1: İlk Akıllı Bina Kesiti (Mersinoğlu, 2002).....	66
Şekil 4.2: Akıllı Binaların Gelişim Piramidi (Oğuz, 2007).....	67
Şekil 4.3: Akıllı Bina Tasarım Ölçütleri (Zağpus, 2002).....	69
Şekil 4.4: Yapılarda Kullanılan Doğal Enerji Kaynakları (Erkınay, 2012).....	72
Şekil 4.5: Tek Tabakalı Cepheelerde Cephe Elemanlarının Dizilişi (Hausladen, Liedl, & Saldanha, 2008).....	88
Şekil 4.6: Izgara Sistem Örneği-Flekkefjord Kültür Merkezi (Wicono).....	91
Şekil 4.7: Panel Cephe Örneği-8 Central Link Binası (Reynaers Aluminium).....	91
Şekil 4.8: Klasik Kapaklı Cephe Sistem Detayı (Doruk Alüminyum).....	92
Şekil 4.9: Silikon Cephe Örneği-Newcastle City Library (Wikimedia Commons).....	92
Şekil 4.10: Çift Tabakalı Cepheelerde Cephe Elemanlarının Dizilişi (Hausladen, Liedl, & Saldanha, 2008).....	93
Şekil 4.11: Hava Koridorunun Bölgeleştirilmesine Göre Çift Tabakalı Cephe Tipleri (Eşsiz & Özgen, 2004).....	95
Şekil 4.12: Çok Katlı Çift Tabaka Cephe Örneği- Maslak No.1 Ofis Binası (Maslak No/1, 2014).....	95
Şekil 4.13: Koridor Tipi Çift Tabaka Cephe Örneği, Staddtor Binası (Ünalın & Tokman, 2011).....	96
Şekil 4.14: Kutu Tipi Çift Tabaka Cephe Örneği, RWE Binası (Gür N. V., 2007).....	96
Şekil 4.15: Şaft Tipi Cephe Sistemi Havalandırma Prensipli, Plan, Kesit ve Görünüş (Gür N. V., 2007).....	97
Şekil 4.16: Şaft Tipi Çift Tabaka Cephe Örneği, ARAG Binası (Gür N. V., 2007).....	97
Şekil 4.17: FV Panel Kullanım Örneği, La Seine Musicale (Archdaily, 2017).....	99
Şekil 4.18: Düşey Eksenli Rüzgar Türbin Örneği, Greenway Self-Park (Architizer) (Archdaily).....	99
Şekil 4.19: Dinamik Kontrollü Cephe Örneği, Al Bahar Kuleleri (Demirel, 2016).....	100
Şekil 4.20: Dinamik Kontrollü Cephe Elemanı, Al Bahar Kuleleri (Demirel, 2016).....	100
Şekil 4.21: Lotus özellikli cephede kendini temizleme mekanizması (STO, 2005).....	101
Şekil 4.22: Medya ekranı işlevi gören cephe örneği, GreenPix Medya Duvarı (GreenPix).....	102
Şekil 4.23: Kendinden Gölgeleştirme Pencereleri, InVert Auto-Shading Windows (Sung, 2018).....	109
Şekil 4.24: Elektrik Sinyali Öncesi/Sonrası Elektrokromik Cam Örneği (Perker & Akkuş, 2020).....	110
Şekil 4.25: Fotokatalitik Membran Örneği, Ulusal Mane Garrincha Stadyumu, Brezilya (gmp Architekten).....	111

Şekil 4.26: Fotokatalitik Membran Örneği, Ulusal Mane Garrincha Stadyumu Kesiti (gmp Architekten)	111
Şekil 4.27: Biyoluminesans Özellikli Mantar (Panellus Stipticus) (Nibat, 2022)	113
Şekil 4.28: Fotovoltaik Panellerin Cephede Kullanımı, Garaj Binası, İsveç (Bellini, 2021)114	
Şekil 4.29: Boya Duyarlı Güneş Pili Örneği, Swiss Tech Kongre Merkezi (Enkhardt, 2023)115	
Şekil 4.30: Faz Değiştiren Akıllı Malzeme ile Isı Depolanması, Senior Citizens Apartmanı, İsviçre (van Timmeren, 2009)	117
Şekil 5.1: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı (İbrahim, 2023).....	119
Şekil 5.2: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı Kuşbakışı Görünümü (İbrahim, 2023)	120
Şekil 5.3: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı Strüktür Yapısı (Callebaut, 2017)	121
Şekil 5.4: Shanghai Tower Asimetrik Cephe Tasarımı (Gensler, 2015).....	122
Şekil 5.5: Rüzgar Yüklerine Karşı En iyi Form Arayışı, Shanghai Tower (Kazimov, Selçuk, & Ilgın, 2017)	123
Şekil 5.6: Gökyüzü Lobileri, Shanghai Tower (Gensler DU, 2015).....	124
Şekil 5.7: Rüzgar Türbinleri, Shanghai Tower (Blackstation, 2015).....	124
Şekil 5.8: Aerojel Dolgulu Panellerin İç Mekana Etkisi, Souchais Spor Kompleksi (Chalmeau, 2022)	125
Şekil 5.9: Cephede Aerojel Dolgulu Panel Kullanımı, Souchais Spor Kompleksi (Chalmeau, 2022)	126
Şekil 5.10: Ara Pacis Sunağı, Ara Pacis Müzesi (Halbe, 2011)	127
Şekil 5.11: Cephenin sokak görünümü, Ara Pacis Müzesi (Valentini, 2015)	128
Şekil 5.12: Cephede Güneş Kontrol Elemanları Kullanımı, Al Bahar Towers (Altın & Orhon, 2014).....	129
Şekil 5.13: Güneş Konumuna Göre Şekillenen Cephe Elemanı, Al Bahar Towers (Aedas, 2012).....	129
Şekil 5.14: Mashrabia Etkili Cephe Tasarımı, Al Bahar Towers (Demirel, 2016).....	131
Şekil 5.15: Batı Cephesinde Bulunan ve Güneşe Göre Şekillenen Panjurlu Cephe, Council House 2 (Pearce, 2006).....	132
Şekil 5.16: Kuzey Cephesinde Bulunan Balkonların Çalışma Prensibi (Pearce, 2006) ve Balkonlar (Snape, 2013)	133
Şekil 5.17: Güney Cephesinde Bulunan Duş Kuleleri Çalışma Prensibi (Pearce, 2006) ve Duş Kuleleri (Snape, 2013)	134
Şekil 5.18: Dalgalı Tavan ve Soğuk Kiriş Çalışma Prensibi (Pearce, 2006)	135
Şekil 5.19: Dalgalı Tavan ve Soğuk Kiriş İç Mekan Görüntüsü (Hannah, 2013)	135
Şekil 5.20: Batı Cephesinde Bulunan Güneşe Göre Açılır-Kapanır Ahşap Panjurlar, Council House 2 (Snape, 2013).....	136
Şekil 5.21: Çatıda Bulunan Rüzgar Türbinleri, Council House 2 (Snape, 2013)	136
Şekil 5.22: Üçgen Kanopi Formlu Çatılar, Bay View Campus (Baan, 2022)	137
Şekil 5.23: Kampüs Yapıları Genel Görünüm, Bay View Campus (Baan, 2022).....	138
Şekil 5.24: Ejderha Ölçekli Güneş Paneli Kaplamalı Çatı Görünümü, Bay View Campus (Baan, 2022)	139
Şekil 5.25: Ejderha Ölçekli Güneş Paneli Birleşim Detayı, Bay View Campus (Baan, 2022).....	139
Şekil 5.26: Üst Katta Bulunan Açık Mahal Ofis Birimleri, Bay View Campus (Baan, 2022)140	
Şekil 5.27: Katlar Arası Ulaşımı Sağlayan Kapalı Avlu, Bay View Campus (Baan, 2022)141	
Şekil 5.28: Kampüs Yapıları Genel Görünümü, Bay View Campus (Baan, 2022).....	142
Şekil 5.29: Üç Katta Bir Düzenlenen Gök Avlular, İstanbul Sapphire (Tabanlıoğlu, 2011)144	
Şekil 5.30: Cephe Görünüşü, İstanbul Sapphire (Germen, 2011).....	145
Şekil 5.31: Plan Tipolojileri, İstanbul Sapphire (Archdaily, 2011)	145

Şekil 5.32: Menfezler Aracılığıyla Sağlanan Doğal Havalandırma, İstanbul Sapphire (Merdim, 2010).....	146
Şekil 5.33: Cadde Görünümü, Maslak No/1 (Mayer, 2019).....	148
Şekil 5.34: Balık Pulu Düzeninde Yerleştirilen Cephe Elemanları, Maslak No/1 (Maslak No/1, 2014).....	149
Şekil 5.35: İki Tabaka Arasında Oluşan Tampon Bölge (Maslak No/1, 2014).....	149
Şekil 5.36: Dış Cephe Görünümü, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013).....	151
Şekil 5.37: Dış Cephe Görünümü, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013).....	152
Şekil 5.38: Termal Labirent Sistemi Koridoru, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013).....	153
Şekil 5.39: Child Beam Sistemi İç Mekan Görünümü, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013).....	153
Şekil 5.40: Kütle Diyagramı, TMB Merkez Binası (Avcı Architects, 2013).....	154
Şekil 5.41: Paslanmaz Çelikten Oluşan Mesh Malzemeli Cephe Tasarımı, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013).....	154
Şekil 5.42: Sürdürülebilirlik Stratejileri ve Eko Diyagram, TMB Merkez Binası (Avcı Architects, 2013).....	155

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: UNCSD tarafından geliştirilen çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri (United Nations, 1996a).....	13
Tablo 2.2: UNCSD tarafından geliştirilen sosyal sürdürülebilirlik göstergeleri (United Nations, 1996a).....	17
Tablo 2.3: UNCSD tarafından geliştirilen ekonomik sürdürülebilirlik göstergeleri (United Nations, 1996a).....	19
Tablo 2.4: Sürdürülebilirliğin Faydaları (Abdurrahmanoğlu, 2014).....	20
Tablo 2.5: Sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan bazı uluslararası çalışmalar	24
Tablo 2.6: Sürdürülebilir Kalkınma İlkeleri (Du Plessis, 1998); (Hoşkara, 2007)	28
Tablo 3.1: Hannover Prensipleri (McDonough, 1992).....	34
Tablo 3.2: Bina sertifikalandırma sistemleri (Erdede, Erdede, & Bektaş, 2014)	57
Tablo 4.1: Tabakalı Cephe Sistemleri (Erturan, 2010).....	87
Tablo 4.2: Basit Cephe Tasarım Kriterleri (Hausladen, Liedl, & Saldanha, 2008).....	89
Tablo 4.3: Nitelik Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemeler (Addington & Schodek, 2005)	107
Tablo 4.4: Nitelik Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemelerle Sürdürülebilir Yapı Uygulamaları (Orhon, 2013)	108
Tablo 4.5: Enerji Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemelerin Sürdürülebilir Yapı Uygulamalarında Kullanımı (Orhon, 2013)	112
Tablo 5.1: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı	119
Tablo 5.2: Shanghai Tower	122
Tablo 5.3: Souchais Spor Kompleksi	125
Tablo 5.4: Ara Pacis Müzesi	126
Tablo 5.5: Al Bahar Towers	128
Tablo 5.6: Council House 2	131
Tablo 5.7: Bay View Campus	137
Tablo 5.8: İstanbul Sapphire	143
Tablo 5.9: Maslak No/1	147
Tablo 5.10: Türkiye Mühendisler Birliği Binası	150
Tablo 6.1: Coğrafi Konum Açısından Değerlendirme	157
Tablo 6.2: İşlev Açısından Değerlendirme	158
Tablo 6.3: Cephe Tipleri Açısından Değerlendirme.....	158
Tablo 6.4: Cephe Paneli Türü Açısından Değerlendirme.....	159
Tablo 6.5: Enerji Etkinlik Açısından Değerlendirme	159
Tablo 6.6: Akıllı Sistem Özellikleri Açısından Değerlendirme	160
Tablo 6.7: Enerji Kullanımı Açısından Değerlendirme.....	161

KISALTMALAR LİSTESİ

WCED	: Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu
UIA	: Uluslararası Mimarlar Birliği
AIA	: Amerikan Mimarlar Birliği
UNCSD	: Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu
DDT	: Dikloro Difenil Trikloroetan
BM	: Birleşmiş Milletler
IUCN	: Dünya Doğayı Koruma Birliği
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WWF	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı
ERG	: Çevresel Kaynak Rehberi
UK-BRE	: Birleşik Krallık Yapı Araştırma Kurumu
BREEAM	: Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Kaynak Rehberi
IETC	: Uluslararası Çevre Teknolojileri Merkezi
CIB	: Uluslararası Yapı ve İnşaat Araştırma ve Yenilik Konseyi
LCA	: Yapı Yaşam Döngüsü
LEED	: Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik
WGBC	: Dünya Yeşil Bina Konseyi
HVAC	: Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
IBI	: Akıllı Bina Enstitüsü
NAS	: Ulusal Bilimler Akademisi
IT	: Bilgi Teknolojileri
IB	: Akıllı Bina
BOMA	: Bina İşletim ve Yönetim Birliği
KGK	: Kesintisiz Güç Kaynakları
FV	: Fotovoltaik

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca mesleki ve hayati tecrübeleriyle bana yol gösteren, olumlu ve destekleyici tavrıyla beni hem yüksek lisans eğitimine başlamamda hem de tez çalışmamın her aşamasında cesaretlendiren değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Yeliz TULÜBAŞ GÖKUÇ'a tüm katkılarından dolayı teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Tüm hayatım boyunca hayatın her alanında maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her koşulda yanımda olan, hayata karşı bakış açımı, değerlerimi ve vizyonumu erken yaşlarda oluşturmamı sağlayan sevgili annem Hatice ÖZDEMİR'e, sevgili babam Ayhan ÖZDEMİR'e ve sevgili kardeşim Berkay ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Balıkesir, 2023

Berat ÖZDEMİR

1. GİRİŞ

İnsan, varoluşundan bu yana başrol olarak yer aldığı yeryüzünde, varolduğu ilk dönemlerden itibaren dahil olduğu doğal çevreyle uyumlu şekilde yaşamını devam ettirebilme gerekliliğine sahiptir. Bu gerekliliğin yanı sıra Abraham Maslow'un ‘‘İhtiyaçlar Hiyerarşisi’’ teorisinin ilk basamağında da görüldüğü üzere insanın temel fizyolojik ihtiyaçlarından olan barınma ihtiyacı da insanlık tarihiyle birlikte günden güne değişim ve gelişim göstermiştir.

Yaşamını ve neslini devam ettirebilme çabası adına doğayla ve çevreyle mücadele edebilme alışkanlığını kazanan insan, bu kazanımı nesilden nesile aktarırken aynı zamanda parçası olduğu doğa ile arasında bir denge kurma gereksinimi ve yaşam alanına uyumlu olma zorunluluğu gibi farkındalıkları da tecrübe etmiştir. Nesilden nesile aktarılan bu kazanım ve tecrübeler ile uzun dönemler boyunca insan ve doğa arasındaki denge korunmuştur.

Doğayla uyumlu şekilde yaşamını sürdürürken insanlık tarihinin seyrini değiştiren yerleşik hayat düzenine geçiş hamlesi ile birlikte insanın, üzerinde yaşam sürdüğü yeryüzüne yönelik olumsuz etkileri de gün yüzüne çıkmıştır. Yerleşik hayatın ilk evrelerinde yeryüzünün kendisine sağladığı imkanların farkına varan, bu imkanlardan faydalanan ve dengeyi koruyabilen insan, tarihin seyrini değiştiren bir başka kilometre taşı olarak kabul edebileceğimiz Endüstri Devrimi ile birlikte dengeyi kaybetmiştir. Teknolojik gelişmeler ışığında meydana gelen üretim, sanayi ve şehirleşme faaliyetleri ile birlikte tükenbilir kaynakların ve fosil yakıtların kullanımı da bilinçsiz şekilde artmış ve insanın yaşadığı doğal çevreye ve yeryüzüne verdiği tahribat evrensel boyutta bir sorun haline gelmiştir.

İnsan neslinin sürdürülebilirliği; ‘‘Antroposen Çağı’’ olarak da tanımlanan ve özünde, insan(antropos) ve faaliyetlerinin doğa üzerinde güçlü bir dönüştürücü etkiye sahip olduğu bu dönemde, doğal kaynakların bilinçli tüketimi, çevresel kirliliğe karşı alınan tedbirler, teknolojik gelişmelerden yararlanma, doğru mimari ve kentsel politikalar ile mümkündür. İnsan faaliyetlerinde ve doğal sistemlerde sürdürülebilirliği odak noktası kabul etme şartının yanı sıra sosyal, ekonomik, siyasi, kültürel ve mimari mekanizmaların da bu temelde hareket etmesi gerekmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda ilk olarak 18. yüzyılda çevresel konularla ilgili bir tanımlama olarak hayatımıza dahil olduğu bilinen sürdürülebilirlik terimi dinamik ve çok boyutlu yapıya sahip olmasından dolayı tarihsel süreç içerisinde değişim ve gelişim

gösterirken, çevresel konuları aşarak birçok farklı alanda da kendisine yer bulmuştur. Sürdürülebilirlik anlayışının temel odak noktası, doğal kaynakları tüketmeden ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme olanaklarını tehdit etmeden, bilinçli kaynak kullanımıyla gündelik ihtiyaçları karşılayabilme farkındalığıdır.

Endüstri Devrimi ile başlayan yeni dönemde teknolojik gelişmeler doğrultusunda meydana gelen yeni üretim ve tüketim anlayışları ile takip eden tarihsel süreçte gerçekleşen dünya savaşları sonrası benimsenen politikalar sonucu insan ve çevre arasındaki denge kaybolmuştur. Savaş sonrası dönemde benimsenen üretim politikaları ile kaynaklar bilinçsizce tüketilmiş, doğal çevreye verilen tahribatlar ve doğal kaynakların tükenebilme tehlikesine sahip olduğu ancak 1970'li yıllarda meydana gelen enerji ve ekonomi kriziyle fark edilmiştir. Uygulanan üretim politikalarının yanlış olduğu farkındalığı sonucunda doğal kaynak kullanımının büyük çoğunluğunu bünyesinde barındıran yapım sektörü başta olmak üzere birçok sektörde sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları daha somut şekilde kendisine yer bulmuştur.

20. yüzyılın son çeyreğinde meydana gelen enerji ve ekonomi krizleri sonrası uluslararası ölçekte tartışılmaya başlanan çevre ve kalkınma problemleri sonucu sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları gündelik hayatımıza dahil olmuştur. İnsanın barınma ihtiyacının geçmişten günümüze sürekliliği sebebiyle en az bu kavramlar kadar uzun bir tarihsel geçmişe sahip olan sürdürülebilir mimarlık kavramının ortaya çıkışı da toplumdan topluma tarihsel farklılıklar göstermiştir. Toplumların yaşam tarzları, coğrafi etmenler, sosyal ve fiziksel kullanıcı gereksinimleri ve ekonomik koşullar sürdürülebilir mimarlık kavramının sınırlarının belirlenmesinde etkili olmuştur. Nüfus artışı, iklim değişiklikleri, teknolojik gelişmeler ve en önemlisi bilinçsizce kullanılan doğal kaynakların tükenme tehlikesi de sürdürülebilir mimarlık kavramının gelişmesinde itici güç olarak gösterilebilir.

Küresel ölçekte çevre, iklim ve enerji sorunlarına çözüm üretebilmek adına geliştirilen sürdürülebilir mimarlık pratiğinde; geleneksel bakış açısı olarak tanımlayabileceğimiz ortam şartlarıyla mücadele eden yapı anlayışı yerini çevresel uyaranlara yanıt veren ve dahil olduğu doğal ortam şartlarına uyum sağlayabilen yapı anlayışına bırakmıştır.

Sürdürülebilir mimarlık anlayışını takip eden süreçte teknolojik gelişmelerin mimarlık pratiğine getirdiği yenilikler doğrultusunda bilinçsiz kaynak tüketimine sebebiyet veren geleneksel yapı anlayışının yerine ihtiyaç duyduğu enerjiyi kendi bünyesinde üreten ve kaynak kullanımını azaltma yeteneğine sahip akıllı binalar ortaya çıkmıştır. Yapı yaşam döngüsü (yapım-kullanım-yıkım) süresince tüketilen enerji miktarıyla ulusal ölçekte enerji

tüketim bandının %40'ını oluşturan yapım sektöründe gün geçtikçe önem kazanan akıllı bina sistemi ile yapıda kullanım amacına ve alanına bağlı değişkenlik gösterebilen akıllı bina sistemleri, enerji, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi gereksinimleri karşılamaktadır.

Gelişen teknolojiyle birlikte sürdürülebilir mimarlık ve akıllı bina sistemlerinin günden güne sınırlarını genişletmesi sonucu malzeme bilimi de yapım sektöründe önemli başlıklardan biri haline gelmiştir. Klasik yapı malzemelerinin aksine sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir, akıllı, yapının ihtiyaç duyduğu enerji miktarını azaltabilen veya ihtiyaç duyulan enerjiyi kendi üretebilen akıllı malzemeler de yapım sektöründe popüler başlıklardan birisi haline gelmiştir.

1.1 Çalışmanın Kapsamı ve Amacı

Bu çalışmanın amacı; teknolojik gelişmeler ışığında günden güne gelişen ve değişen mimarlık pratiğinde, son dönemde hızla artan dünya nüfusu, değişen kullanıcı talepleri, enerji krizi vb. sorunlara cevap veremeyen geleneksel yapım anlayışının yerini alan ve günümüzde yapılan uygulamaların yanı sıra Ar-Ge çalışmaları da devam eden sürdürülebilir mimarlık ve akıllı bina sistemlerini tarihsel geçmişinden günümüze kadar olan süreçle birlikte inceleyerek sürdürülebilir mimarlık çalışmalarının öneminin anlaşılmasını sağlamaktır.

Bu çalışma kapsamında; sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir yapı cepheleri, akıllı bina sistemleri, yapı sektöründe kullanılan akıllı alt sistemler ve akıllı malzemeler araştırılmış olup Türkiye'den ve Dünya'dan sürdürülebilir ve akıllı özelliklere sahip yapı cepheleri ve akıllı malzemeleri bünyesinde barındıran yapı örnekleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

1.2 Çalışmanın Organizasyonu

Geleneksel yapım anlayışının yerini alan sürdürülebilir yapım ile akıllı bina sistemlerini ve akıllı yapı malzemelerini incelemeyi amaçlayan bu çalışma toplam 7 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm akademik çalışmanın içeriğini, çalışmanın amacını, kapsamını ve genel işleyişini anlatmaktadır. İkinci bölüm sürdürülebilirlik kavramını, boyutlarını, kavramın tarihsel gelişimini, kalkınma kavramını ve sürdürülebilirlik kavramının mimarlık pratiğiyle olan ilişkisini içermektedir. Üçüncü bölümde sürdürülebilir mimari ve sürdürülebilir yapım başlıkları bulunmaktadır. Dördüncü bölümde sürdürülebilir mimarlık ölçeğinde akıllı bina kavramı, akıllı bina cephe sistemleri ve akıllı malzemeler

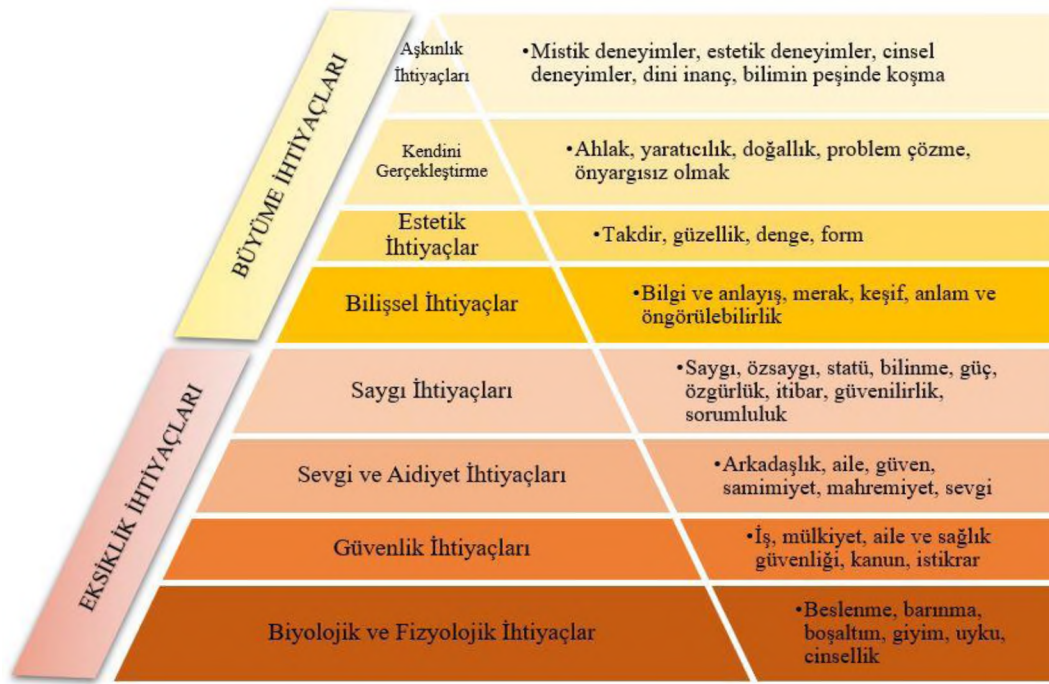
incelenmiştir. Beşinci bölümde Türkiye’den ve dünyadan 10 adet sürdürülebilir, akıllı bina sistemlerinden faydalanan ve akıllı yapı malzemelerini bünyesinde barındıran yapı örnekleri incelenmiştir. Altıncı bölümde seçilen bu 10 yapının sürdürülebilir mimari ve akıllı bina kriterleri ölçeğinde değerlendirmesi yapılmıştır. Son bölümde ise, araştırma konusunun önemi doğrultusunda genel sonuçlar özetlenerek, daha sonraki çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

İnsanın doğa üzerinde güçlü bir dönüştürücü tahakküme sahip olduğu çağı ifade etmek için kullanılan ‘‘Antroposen’’ kavramı, özde, insan(antropos/anthropos) ve faaliyetlerinin dünyaya etkilerinin büyük ivme kazandığı çağı tanımlamaktadır (Polat & Kahraman, 2019). Bu ivmenin ortaya çıkardığı sonuçların ardından sonlu bir gezegende yaşadığımız farkındalığı ile daha mütevazı yaşamak ve tasarımlarımızda daha iddiasız olmak, enerji ve kaynakların elverdiği olanakları kavramak ve bu doğrultuda yaşamlarımızı sürdürmek gerekliliği büyük önem kazanmıştır (Guzowski, 2017).

Geçmişten günümüze süregelen faaliyetlerimizin parçası olduğumuz ekosistemi nasıl etkilediği hakkında geniş bir bilgi yelpazesine sahip olan ilk nesil olmamız sebebiyle birlikte gezegenimiz ve mevcut ekosistemle olan ilişkimizi değiştirme, iyileştirme gücüne ve sorumluluğuna da sahip olan ilk bireyleriz (Polat & Kahraman, 2019). Geleneksel alışkanlıklarımız ile birlikte fosil yakıtların uygun fiyatlı ve kolay ulaşılabilir olması, çevre üzerindeki olumsuz etkilerini toplumun göz ardı etmesine sebep olurken petrol, kömür, doğalgaz vb. fosil yakıtlara dayalı enerji sistemleri çevre kirliliğine ve hatta iklim değişikliklerine yol açmaya başlamıştır (Gökşen, Güner, & Koçhan, 2017).

İnsanlık tarihinin ilk yıllarından itibaren barınma ihtiyacı insanların en önemli gereksinimlerinden biri olarak görülmektedir. Şekil 2.1’de görüleceğimiz üzere Abraham Maslow’un ‘‘İnsan Gereksinimleri Hiyerarşisi Modeli’’ne göre barınma ihtiyacı fizyolojik ihtiyaçlar başlığı altında olmakla birlikte bu modelin ilk basamağında yer almaktadır. Beslenme, uyuma, giyinme gibi alt başlıklarla birlikte ilk basamakta kendine yer bulan barınma ihtiyacı da sürekli değişen çevresel koşullarla birlikte tarihi süreç içerisinde değişim göstermiştir.



Şekil 2.1: Maslow'un “İnsan Gereksinimleri Hiyerarşisi” Modeli (Akyıldız, 2020)

Antroposen çağının ilk basamağı olarak da kabul edebileceğimiz “Endüstri Devrimi” birçok alanda yeni teknik buluşlarla üretim artışına ve dolayısıyla refah artışına yol açmış gibi görünse de üretim tarzının değişmesi sonucunda o döneme kadar hâkim olan geleneksel üretim tarzını (manifaktür) değiştirmiş ve makineleşme (makinizm) ile birlikte yeni bir sınıfın yani işçi sınıfının doğmasına yol açmıştır (Küçükkalay, 1997). Bu devrim ile birlikte yeni bir döneme adım atan ülkeler devrim sonrası yaşanan dünya savaşları gibi zorlu süreçler sonrası dünya ticaretinde önemli bir yer edinebilmek adına gelişen teknoloji ve üretim yöntemlerinden faydalananarak büyüme çabasına girmişlerdir. Bu çaba sonucu tüm imkânlarını seferber eden ülkeler içinde bulundukları çevreye zarar verirken doğal kaynakları kontrolsüzce tüketmeye başlamışlardır. Bu kontrolsüz tüketime karşın sanayi devriminden önce buharlı makinelerin olmayışı, nüfusun uzun süreli savaşlardan kaynaklı az olması gibi nedenlerden dolayı dünya genelinde insan kaynaklı çevresel sorunlar minimum seviyede kalmıştır (Tufan & Özel, 2018).

1970'li yıllarda gerçekleşen ekonomik krizin olumsuz etkileri, savaş sonrası benimsenen yolun hatalı olduğunu bizlere göstermiştir. Uygulanan hatalı politika ile kaynaklar bilinçsizce tüketilmiş ve sonuç olarak ekolojik dengesizliklere sebep olmuştur (Kara, 2017). Dünyanın birçok bölgesinde benzer şekilde ortaya çıkan çevre sorunlarının temelinde kaynak tüketimi ve doğal çevre arasındaki dengesizlik yatmaktadır (Sev, 2009). İnsan ihtiyaçlarının süreklilik gösterirken değişmesi ve gelişmesine karşın doğal

kaynakların tükenebilir olması sonucu ortaya çıkan bu dengesizlikler nesiller boyu hayatımızı sürdürdüğümüz yeryüzünün taşıma kapasitesini zorlamaktadır. Temel sebeplerden biri olarak dünyadaki birincil enerji kaynak rezervlerinin sınırlı olması durumu göz önünde bulundurulduğunda tüketime ayrılan kaynakların verimli ve etkin kullanılması ile birlikte genel enerji tüketiminin, üretimden ve kullanıcı konforundan taviz vermeden en aza indirilmesi büyük önem taşımaktadır (Çalapkulu, 2020).

İçinde bulunulan doğal ortamın sürdürülebilir şekilde sağladığı imkânların kullanıcıların tüketim ihtiyacına olan oranı olarak da tanımlayabileceğimiz yeryüzünün taşıma kapasitesi meydana gelen ekolojik dengesizlikler sonucu aşılmıştır. Bu olumsuz duruma zemin hazırlayan sebepler; ülkeler arasında enerji kaynaklarının paylaşımı ile ilgili meydana gelen krizler, hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan ekonomik rekabet iken meydana gelen koşullar insanları, gittikçe etkinleşen çevre bilinci vasıtasıyla ellerinde bulunan olanakları daha rasyonel kullanmaya yönlendirmiştir (Çalapkulu, 2020).

İzlenen bilinçsiz tüketim yöntemi ve ekonomik büyüme amaçlarının meydana getirdiği krizler ve çevre sorunları sonrası canlı yaşamı tehlikeye girmiş ve bu doğrultuda doğan tepkiler ülkeleri ulusal ve uluslararası düzeyde yeni politikalar aramaya yöneltmiştir. Çünkü varlığımızın sürdürülebilirliği, yeryüzünün bizlere kaynak sağlama, atıklarımızı ve yarattığımız kirliliği yok etme kapasitesi dâhilinde yaşamamız ve faaliyetlerimizi sürdürmemizle mümkündür (Sev, 2009).

Bu arayış sonucunda yalnızca ekonomik büyüme ile kalkınmanın gerçekleşmeyeceği anlaşılmış olup kalkınma için, ekonomik büyüme ile birlikte çevrenin, sağlığın, eğitimin, demokrasinin de düzelmesi ve gelişmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Kara, 2017). Bu doğrultuda tespit edilen ve başta çevresel sorunlar olmak üzere toplumsal sorunların tamamı sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmış ve bu kavram, sürdürülebilir kalkınma bakış açısıyla aralarında yapı sektörünün de bulunduğu birçok alanda kendine önemli pay sahibi olmuştur (Çalapkulu, 2020). Ulaşılan sonuçlar doğrultusunda sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları hayatımıza dâhil olmuştur.

2.1 Sürdürülebilirlik Kavramı

Daimi olma yeteneği olarak da tanımlayabileceğimiz sürdürülebilirlik kavramı her ne kadar son yarım asırda gündemimizde kendisine önemli yer bulmuş olsa da tarihi ve ortaya çıkışı 1700’lü yıllara kadar dayanmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının ilk kez tarım, ormancılık, balıkçılık gibi yenilenebilir kaynaklar alanında kullanıldığı ve köklerinin

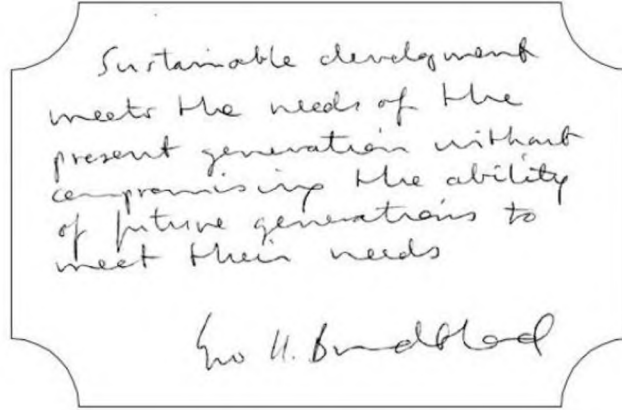
18.yüzyılın ilk çeyreğine kadar dayandığı yönünde literatürde yaygın bir kanı hâkimdir (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Türk Dil Kurumu sözlüğünde mevcut bir karşılığı olmayan sürdürülebilirlik sözcüğü İngilizceye ‘‘sustainability’’ şeklinde geçerken Latince kökü ise ‘‘subtenir’’ olup aşağıdan desteklemek, korumak anlamına gelmektedir (Muscoe, 1995).

Alman bilim adamı ve aynı zamanda muhasebeci olan Johann Carl von Carlowitz tarafından 1713 yılında ilk kez almanca (nachhaltigkeit) olarak ‘‘Yabani Ağaç Yetiştirme Kılavuzu-Sylvicultura Oeconomica’’ adlı çalışmada kullanılan sürdürülebilirlik kavramı ormanlar ve ormanların devamlılığı için kullanılmıştır. Bu çalışmada Carlowitz, sürdürülebilir orman anlayışı için kesilen ağaç sayısının dikilen ağaç sayısını aşmaması gerektiğini belirtmiştir (Pittel, 2002). Her ne kadar bu görüş günümüz sürdürülebilirlik anlayışının temellerini atmış olsa da günümüzde sürdürülebilirlik kavramını belirli bir kalıba sığdırmak çok zordur. Sürdürülebilirliğin erken tanımları temel olarak makro düzeyde bir bakış açısına sahipken asıl odak noktası sürdürülebilir doğal kaynak çıkarımı seviyelerini ve aynı zamanda ekonomik üretim ve tüketimi nasıl kontrol edeceğini tahmin etmeye yoğunlaşmıştır (Gedik, 2020).

Hayatımıza ilk girdiği süreçte sadece çevre ile ilgili bir tanım olarak karşımıza çıkan bu terim dinamik ve çok boyutlu yapıya sahip olmasıyla birlikte tarihsel süreç içerisinde değişmiş, gelişmiş ve çevre konuları dışında birçok alanda da kendisine yer bulmuştur. Bu bağlamda, doğal kaynakları tüketmeyen, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme olanaklarını riske atmayan, ekonomi, toplum ve ekosistem arasındaki dengeyi koruyan, ekolojik açıdan sürdürülebilir nitelikte olan ekonomik, çevresel ve toplumsal kalkınma amaçlanmaktadır (Göksal, 2003). Bu amaçlar göz önünde bulundurulduğunda günümüzde sürdürülebilirlik kavramı, hizmet ettiği alana ve amaca yönelik farklı bir anlam kazanmakta ve kazanılan bu anlama göre de farklı bir içeriğe sahip olmaktadır (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Bu farklılığın temel sebebi ise sürdürülebilirlik kavramının var olan toplumlar ve bu toplumlar içinde çevre ile ilgili olarak ortaya çıkan konular ve sorunlar kadar değişkenlik ve çeşitlilik içeren dinamik bir kavram olmasıdır (Hoşkara, 2007).

BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından 1987 yılında hazırlanan ‘‘Our Common Future (Ortak Geleceğimiz)’’ başlıklı Brundtland Raporu ile hayatımıza dâhil olan sürdürülebilirlik kavramı kalkınma ile bağlantılı olarak takip eden dönemde ‘‘Sürdürülebilir Kalkınma’’ tanımıyla kendine yer bulmuştur (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Raporda sürdürülebilir kalkınma kapsamında ele alınan sürdürülebilirlik kavramı

“Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılama” şeklinde açıklanmıştır (WCED, 1987).



şekil 2.2: Gro Harlem Brundtland'ın El Yazısı ile Sürdürülebilir Kalkınma Tanımı (Keiner, 2005)

Tarihsel süreç boyunca birçok farklı tanımı yapılan sürdürülebilirlik kavramı temelde kullanıcının yaşam kalitesinden ödün vermeden, düşünce tarzında değişikliğe gitmeyi hedeflemektedir. Bu değişikliğin temel prensibi ise tüketim toplumu olmaktan kurtulup, evrensel açıdan dayanışma içinde olan, çevresel yönetim, toplumsal sorumluluklar ve ekonomik çözümleri hedefleyen toplumlar oluşturmaktır (Özmehmet, 2008). Çünkü tüketim odaklı toplum yapısında ekonomi geliştikçe, başta yapı sektörü olmak üzere tüm sektörlerde enerjiye ve diğer kaynaklara olan gereksinim artarken bu artış sonucunda ortaya çıkan üretim ve tüketim sistemlerinin; insanların da parçası olduğu doğal ekosisteme, inorganik birimlere, canlılara ve insan hayatına olan etkileri artmaktadır (Zinzade, 2010). Bu olumsuz artışa karşın sürdürülebilirlik, ekonomik faaliyetlerin çevresel sonuçlarını tamamen dikkate alıp, değiştirilebilen veya yenilenebilen ve dolayısıyla tükenmeyen kaynakların kullanımına dayanan kavram olurken sistemi bir bütün olarak ele alarak sistemi istikrarsızlaştırmadan şekillendirmesi gereken sosyal ve ekolojik sistemler arasındaki ilişkidir (Gedik, 2020). Ekolojik düşünce temelinde ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı, toplumların yani kullanıcıların katılımıyla kendisine gerçeklik payı elde edebilirken bu kavramın temel prensibi yenilenebilen enerji kaynak kullanımını arttırmak ve yenilenemeyen kaynak kullanımı azaltan stratejiler geliştirmektir (Yetkin, 2019).

Sürdürülebilirlik kavramı savunucularını zayıf ve güçlü olarak ikiye ayıracak olursak; zayıf sürdürülebilirlik tanımı savunucuları, doğal kaynaklar ve sermaye varlıklarının toplam stokunun zaman içinde sabit kalmasının yeterli olacağını ve bir sermaye varlığının (veya

varlıklarının) arttırılması koşuluyla başka bir varlığın azaltılmasına izin verilebileceğini söylemektedir. Buna karşın güçlü sürdürülebilirlik kavramını savunan kesim, kritik doğal sermayelerin yerine başka sermaye biçimleri getirilemeyeceği için, toplam sermaye miktarının korumanın yeterli olmayacağını bununla birlikte doğal sermayenin de korunması gerektiğini savunmaktadır (Gedik, 2020).

Uluslararası Mimarlar Birliği (UIA) ve Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından desteklenen ve 1992 yılında gerçekleştirilen ‘‘Sürdürülebilir Toplum Çözümlerine Çağrı’’ adlı tasarım yarışmasında Robert Gilman sürdürülebilirlik kavramını toplumun, ekosistemin ya da devam eden herhangi bir sistemin ana kaynaklarını tüketmeden belirsiz bir geleceğe dek işlevini sürdürmesi olarak tanımlamaktadır (Gilman, 1992). Sözlük anlamına göre sürdürülebilirlik kavramı, ‘‘kaynağın tüketilmeyecek veya kaynağa sürekli zarar verilmeyecek şekilde, bir kaynağın değerlendirilmesi veya kullanılması’’ olarak tanımlanmıştır (Webster, 2006). Ortaya çıktığı günden bu yana tanımı sürekli değişmesine karşın 20. yüzyıl ile birlikte küresel ölçekte sürdürülebilirlik; ülke politikalarına, mevcut ekonomilere, kullanılan enerji kaynaklarına, teknolojilere, üretime, planlamalara ve mimarlık gibi daha birçok alana etki etmiş bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Hoşkara, 2007).

Bauen, Baker ve Johnson sürdürülebilirlik kavramını incelerken mevcut uygulamaların aksine yeni yöntemler aramak gerektiğini savunmakta ve toplumda sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için altı prensibin önemli olduğunu belirtmektedir. Bu prensipleri şu şekilde sıralayabiliriz: (Bauen, Baker, & Johnson, 1996)

- ✓ Bir yere karşı aidiyet duygusu beslemek
- ✓ Toplumsal canlılığı desteklemek
- ✓ Değişimle karşı karşıya kalındığında esneklik ve adaptasyonu desteklemek üzere yerel kapasite oluşturmak
- ✓ Lider olarak sorumluluk duygusunu desteklemek
- ✓ Yerel ve yerel-üstü düzeylerde ilişkilerin ve bağlantıların önemini desteklemek, pekiştirmek
- ✓ Yerin sosyal yapısı içinde eşitliği arttırmak

Hayatımıza girdiği günden bu yana sınırlarını belirlemek amacıyla çalışmalar yapıldıkça daha da genişleyen sürdürülebilirlik kavramı insanla, doğayla, dünyayla ilişkili her konuyu

içine alan geniş bir içeriğe sahip olmuştur (Kımillı, 2006). Çok boyutlu yapıya sahip olan sürdürülebilirlik kavramını turizm ölçeğinde inceleyen Renda (1995), sürdürülebilirliği, bugünün ihtiyaçları doğal kaynaklar kullanılarak giderilirken aynı zamanda mevcut kaynakların gelecek nesiller tarafından da kullanılabilmesi açısından korunması ve aynı olanakların sağlanması olarak tanımlamıştır (Renda, 1995).

Bununla birlikte sürdürülebilirlik; doğal kaynakları korumak, atık ve kirliliği sınırlandırmak, ekonomileri yeniden canlandırmak için yerel varlıklardan faydalanmak, dezavantajlı insanların durumunu iyileştirmek ve tüm insanlar adına yaşam kalitesini yükseltmek üzere ortaya konulmuş çok boyutlu bir anlayışı temsil etmektedir (Oktay, 2005). Bu bilgiler doğrultusunda sürdürülebilirlik olgusunun ana hedefi ekosistemlerin taşıma kapasitesini aşmadan, hayat standartlarını yükseltme çabası ve sonrasında iyileştirilmiş yaşam kalitesinin devamlılığını sağlamak olmuştur (Kımillı, 2006). Sürdürülebilirlik kavramının hem ürün hem de süreçle ilgili olduğunu savunan Selman (1995) ise sürdürülebilirlik için üç temel ilkedden bahsetmektedir: (Selman, 1995)

- ✓ Etkin kaynak yönetimine olan gereksinim
- ✓ İnsani ve doğal sistemlerin temel ilkeleri arasında ve içinde uyumlu ilişkilere olan gereksinim
- ✓ Tutum ve davranışlarda radikal değişiklikleri yürürlüğe koyma.

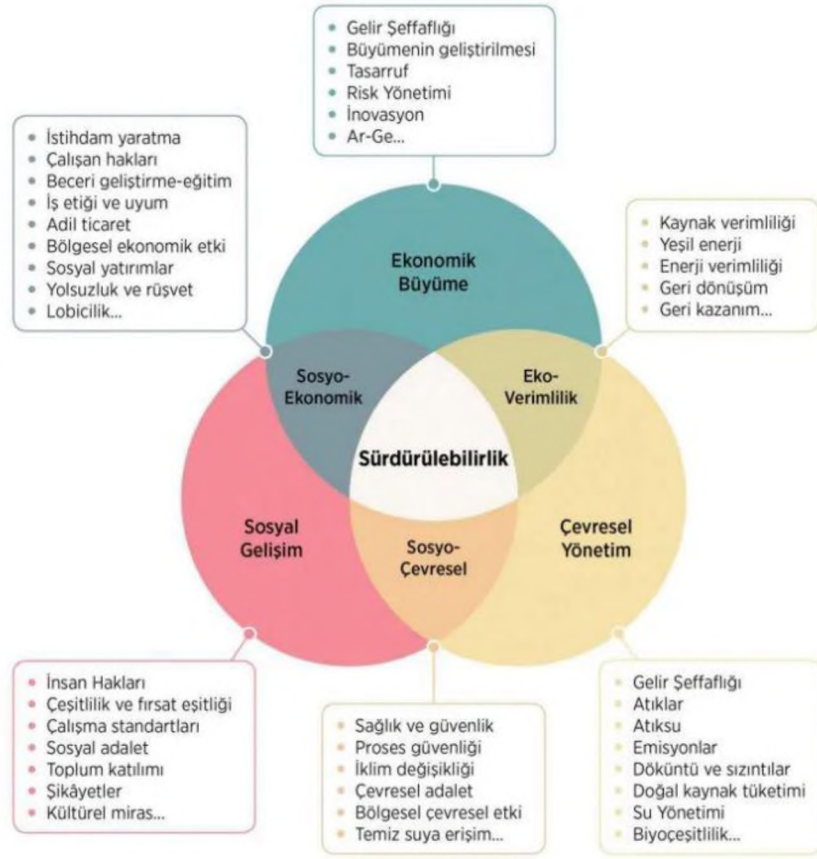
Köklerinin 18.yüzyıla dayanmasıyla birlikte son yarım asırdır gündemimizi ciddi şekilde meşgul eden sürdürülebilirlik kavramının mevcut geçmişine karşın genel kabul görmüş bir tanımı olmamakla birlikte dinamik bir yapıya sahip olan bu kavram uygulama alanına ve içeriğine göre kendini yenilemekte ve farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Literatür taramasından yola çıkarak baktığımızda sürdürülebilirlik, çevresel bağlamda ortaya çıkan, içeriği tarihsel süreç içinde sürekli olarak yeniden belirlenmeye çalışılan ve üzerinde sürekli araştırmalar yapılan bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır (Kımillı, 2006).

2.1.1 Sürdürülebilirliğin Boyutları

Canlı yaşamının devamı ve ekonomik ilişkilerin sürekliliği için temel gereksinim, kaynakları tahrip etmeden üretmek ve tüketmektir. Bu gereksinimden yola çıkarak baktığımızda bireylerin çevre ile uyumu nasıl sağlayacağı ya da bu uyumu sürdürebilmesini engelleyen unsurları nasıl yok edeceği, bütün modern toplumlar için en güncel ve acil çözülmesi gereken sorunlar arasında yer almaktadır (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Dinamik yapısı sayesinde pek çok alanda üzerine çalışılan ve tartışılan bir kavram

haline gelen sürdürülebilirlik kavramının farklı kaynaklardan yapılan araştırmalar sonucunda üç temel boyutu olduğunu ifade edebiliriz.

Şekil 2.3'te belirtildiği gibi sürdürülebilirlik kavramı sosyal, ekonomik ve çevresel olmak üzere üç temel boyutta ele değerlendirilmektedir.



Şekil 2.3: Sürdürülebilirlik kavramının 3 temel boyutu (Eşkin, 2019)

Sürdürülebilirlik kavramını insani perspektifte incelediğimizde, sosyal; toplumsal perspektifte incelediğimizde, ekonomik ve kültürel; doğal kaynaklar perspektifinde incelediğimizde ise çevresel boyutlu olarak tanımlayabiliriz (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Farklı perspektiflere karşın temelleri sağlam bütüncül bir sürdürülebilirlik anlayışı için bu üç boyutun eş zamanlı ve uyumlu olarak sağlanması büyük önem arz etmektedir.

2.1.1.1 Çevresel Sürdürülebilirlik

Geleneksel tanımı ile çevre, insanlar ile doğadaki diğer canlıların yaşamları süresince ilişkilerini sürdürdükleri, iç içe oldukları ve bu sebeple de karşılıklı etkileşim içinde bulundukları fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam şeklinde ifade edilir (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Çevresel sürdürülebilirlik, üç temel boyutta ele aldığımız sürdürülebilirlik kavramının temel boyutlarını incelediğimizde kavramın ayrılmaz bir

parçası olarak karşımıza çıkmaktadır. İkinci dünya savaşı sonrası global düzeyde üretim yarışına giren ülkeler arasında; büyük paya sahip olmak için oluşan ekonomik rekabetler ve izlenen bilinçsiz politikalar sonucu toplumların oluşturduğu ve içinde bulunduğu yapay bileşenlerin doğal çevreye olan olumsuz etkileri göz ardı edilemeyecek boyutlara ulaşmıştır.

20. yüzyılın ikinci yarısında dünya nüfusunun da artmasıyla birlikte doğal kaynaklara olan ihtiyaç ve talep artarken bu talep tükenebilir kaynakların kontrolsüzce kullanımına sebep olmuştur. Bu bilgiler doğrultusunda sürdürülebilirlik kavramının çevresel boyutu, olumsuz dış etmenlere karşı ekolojik dengelerin savunma gücünün korunması ve adaptasyonu olarak tanımlanabilmektedir (Sev, 2009). 1960'lı yıllarda global ölçekte ülkelerin gündemini meşgul eden kalkınma politikaları ve bu politikaların ortaya çıkardığı sorunlar ile 1970'li yıllarda sonuç veren çevre hareketleri, çevresel sürdürülebilirlik düşüncesinin arka planını oluşturmaktadır (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018).

Günümüzde mevcut durumu inceleyecek olursak hızla artan dünya nüfusu ve kentleşmeye bağlı olarak ortaya çıkan daha fazla enerji ihtiyacı ile ekonomiye dayalı küresel rekabetin de insan doğasına aykırı yaşam alanlarını ve çevresel deformasyonu arttırmaya devam ettiğini gözlemleyebiliriz (United Nations, 2004). Bu artışla birlikte küresel ısınma problemlerinin meydana gelmesi, ozon tabakasının incilmesi, kişi başına düşen enerji ihtiyacının artması ile meydana gelen enerji krizi, doğal ve fosil kökenli enerji kaynaklarının bilinçsiz kullanımı ve biyoçeşitliliğin azalması ile çevresel sorunlar büyük boyutlara ulaşmıştır (Asımgil, 2016).

Arazi ve doğal kaynakların savurganca kullanımı, dünya nüfusunun büyük bir kısmını barındıran kentlerde oluşan mevcut sorunların giderek yoğunlaşacağını gözler önüne sererken toprak, su ve enerji kaynaklarının yoğun kullanımı, altyapı deformasyonunu, sağlık sorunlarını, sosyal ve ekonomik eşitsizlikleri de arttıracaktır (Jenks, Burton, & Williams, 1996). Bahsedilen kaynakların yenilenme süresi insan ömrüyle denk olup mineraller ve fosil yakıtların yenilenme sürelerinin insan ömrü ile karşılaştırılamayacak kadar uzun olmasından dolayı yenilenemeyen kaynak kullanımının azaltılması gerekmektedir (Sev, 2009). Bu olumsuz artışlar neticesinde çevresel sürdürülebilirlik kavramı, biyolojik sistemlerin çeşitliliğine ve üretkenliğine dair devamlılığın sağlanma gereksinimi olarak tanımlanabilir (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Herman E. Daly (1991), çevresel sürdürülebilirliği; sürdürülebilir ürün/hasat, sürdürülebilir atık imhası ve

yenilenebilir kaynakların kullanımı olarak tanımlarken en önemli hususun ise söz konusu faaliyetlerin süresiz şekilde devam ettirilmesi gerektiğini söylemektedir (Daly, 1991).

Günümüzde sürdürülebilirlik kavramının amacı yapılan tanımların aksine maksimum kar hedefi için kaynakların sürdürülebilirliği olarak tanımlanmaya başlanmıştır (Minibaş, 2003). Bu durumun önüne geçmek açısından Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu (UNCSD), ‘‘Sürdürülebilirlik Göstergeleri’’ adı altında çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarda sürdürülebilir gelişmeyi sağlama yolunda yardımcı olabilecek tablolar oluşturmuştur. Her tablo ilgili konu başlığı altında paylaşılabacaktır. UNCSD tarafından geliştirilen çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri Tablo 2.1’de gösterilmektedir.

Tablo 2.1: UNCSD tarafından geliştirilen çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri (United Nations, 1996a)

ÇEVRESEL GÖSTERGELER		
Tema	Alt Tema	Gösterge
Atmosfer	İklim Değişikliği	Sera Gazı Emisyonu
	Ozon Tabakasının Zarar Görmesi	Ozon tabakasına zararlı madde kullanımı
	Hava Kalitesi	Kentlerde hava kirliliği oranı
Toprak	Tarım Alanı	Ekilebilir Verimli Topraklar
	Orman Alanı	Ormanlık arazi yüzdesi
	Çölleşme	Ağaç kesme yoğunluğu
	Kentleşme	Çölleşmeden etkilenen alan
Okyanus, Denizler ve Kıyılar	Kıyı Kesimleri	Kıyı kesimlerde alglerin yoğunlaşma miktarı
		Kıyı Bölgelerinde yaşayan nüfusun oranı
	Balıkçılık	Önemli türlerin yıllık avlanma oranı
Su	Su Miktarı	Yeraltı sularının yıllık tüketim oranı
	Su Kalitesi	Sudaki organik materyal düzeyi
Biyolojik Çeşitlilik	Ekosistem	Önemli ekosistem alanları
		Koruma altına alınan alanların oranı
	Türler	Önemli türlerin varlığı

Bu göstergeler doğrultusunda çevre politikalarını geliştirmek için çevresel sürdürülebilirliğin birbiriyle bağlantılı hedeflerini ve temel ilkelerini şu şekilde özetleyebiliriz: (Moldan, Janouskova, & Hak, 2012)

- ✓ Doğal Kaynakların verimli yönetimi ile ekosistemlerin bütünlüğünü korumak
- ✓ Karar alma için bilgileri iyileştirmek (Göstergeler yoluyla ilerlemeyi ölçme)
- ✓ Sosyal ve çevresel arayüz (Yaşam kalitesini arttırmak)
- ✓ Küresel çevresel bağlılık (Yönetişimin ve işbirliğinin geliştirilmesi)
- ✓ Geri dönüşüme önem vermek
- ✓ Tehlikeli ve kirletici maddelerin çevreye salınımını önlemek
- ✓ Yenilenemez kaynakları verimli kullanmak (Yenilenebilir kaynaklarla ikame edilmeli)
- ✓ Uzun vadeli perspektif
- ✓ Geri bildirimleri önemsemek
- ✓ Farklı ölçeklere önem vermek (Zaman ve mekan tabanında)
- ✓ Esneklik (Değişen şartlara uyum sağlama)
- ✓ Doğaya ve biyolojik çeşitliliğe saygı

Çevresel sürdürülebilirlik fikri, doğal kaynakları tüketmeden ve doğal çevreye zarar vermeden gerçekleştirildiği şoşullarda: (Hoşkara, 2007)

- ✓ Kaynak tüketimi minimumda tutulacaktır
- ✓ Malzeme kullanımı, tamamen geri dönüştürülebilir ürünlerden ya da yenilenebilen kaynaklardan sağlanacaktır
- ✓ %100 atık geri dönüşümü sağlanacaktır
- ✓ Enerji korunmuş olacak ve enerji kaynakları tamamen yenilenebilir ve çevreye zarar vermeyecek nitelikte (solar termal ve elektrik, rüzgar gücü, biomass, vb.) olacaktır
- ✓ Biyolojik canlı çeşitliliğine zarar vermeyecek yöntemler benimsenerek çevre geliştirilecek ve yapılandırılacaktır.

Özetle çevresel sürdürülebilirlik, insanların ve doğanın üretken bir uyum içinde var olabileceği ve gelecek kuşakların sosyal, ekonomik ve çevresel ihtiyaçlarının

karşılanmasına izin veren koşulları yaratmak ve sürdürmek olarak tanımlanabilir (U.S. Department of Energy, 2020). Bu yüzden çevresel sürdürülebilirlik, ekosistemlerin sağlığından ödün vermeden ve gelecek nesillerin imkânlarını tehlikeye atmadan insan ihtiyaçlarını karşılayabilme özelliklerine sahip olmalıdır (Morelli, 2011).

2.1.1.2 Sosyal Sürdürülebilirlik

Üç temel boyutta ele aldığımız sürdürülebilirlik kavramının temel boyutlarını incelediğimizde çevresel sürdürülebilirlik kavramından sonra karşımıza çıkan bir diğer önemli boyut sosyal sürdürülebilirlik kavramıdır. Sosyal sürdürülebilirlik kavramının, doğal kaynakların korunması ve gelecek nesillere aktarılması ile ilgili insanların bilgilendirilmesi ve belirli alışkanlıklarının değiştirilmesi açısından çevresel sürdürülebilirlik kavramı ile olan bağlantısı sürdürülebilirlik açısından önemlidir (Sev, 2009).

Son yarım yüzyılda önem kazanmaya başlayan sosyal sürdürülebilirlik kavramına karşın geçmiş dönemlerde sürdürülebilirlik gerek teoride gerekse uygulamada çevresel ve ekonomik boyutların daha baskın olduğu bir kavram olarak tanımlanmaktadır. Sosyal sürdürülebilirliğin önem kazanmasında en büyük etken ise ‘‘Sürdürülebilir Kalkınma’’ kavramının ortaya çıkışı olmuştur. BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED), 1987 yılında sürdürülebilir kalkınma kavramını tanıtırken, çevresel sorunları kavramsallaştırmakla kalmamış, aynı zamanda çevresel sorunlar ile fakirliğin sosyoekonomik yönleri arasındaki ilişkiye dikkat çekmiştir (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018).

Sosyal sürdürülebilirliği kavramsallaştırmanın zorlukları; kavramın analitik, normatif ve politik yönleri arasında keskin çizgiler olmaması ve öncelik verilen yönün kişiden kişiye veya toplumdan topluma değişiklik gösterebilmesinden kaynaklanmaktadır (Gedik, 2020). Bir toplumda sosyal sürdürülebilirlik kavramına yön verecek çok sayıda sosyokültürel etken bulunmasına karşın sosyal normlar zaman içinde değişse de sosyal ve kültürel yapının sürekliliği bu kavramın temel odak noktası olmaktadır (Yılmaz, 2020). Bu yüzden sosyal sürdürülebilirlik, toplumun bütünlüğünün ve ortak hedeflere yönelik çalışma yeteneğinin korunması gerekliliğini öne sürerken; toplumsal değerlerin, sosyal kimliklerin, sosyal ilişkilerin ve sosyal kurumların geleceğe ne ölçüde aktarılabilceği olarak da tanımlanabilir (Gedik, 2020).

Sosyal sürdürülebilirlik, sürdürülebilirlik kavramının sosyal boyutunu kendisine konu ederken; insanlığın gıda, barınak, ilaç, geçim ve bir arada yaşama gibi ortak insani

ihtiyaçlarının nasıl karşılanacağı üzerine odaklanır (şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Bunun yanı sıra sosyal sürdürülebilirlik kavramı, refah, güvenlik, sağlık, eğitim ve tüm konuları toplumsal sınıfları ve cinsiyetleri birbirinden ayırmadan eşit olarak temin etme kabiliyeti olarak da tanımlanabilir (Tufan & zel, 2018). Sivil toplumun evrimi ile uyumlu, kültürel ve sosyal olarak farklı grupların uyumlu bir şekilde birlikte yaşamalarını sağlamayı amaçlayan sosyal sürdürülebilirlik aynı zamanda toplumun bütün paydaşları için yaşam kalitesinde iyileşmelerle sosyal entegrasyonu teşvik eden ve gelişen bir kavramdır (Gedik, 2020).

2002 yılında yayımlanan Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Bildirgesi'nde, sosyal sürdürülebilirliğin sağlanması için ülkelerin hem üretim hem de tüketim kalıplarının gözden geçirilmesi ve yoksulluğun ortadan kaldırılması ya da minimize edilmesi gibi konularda ortak taahhütlere yer verilmiştir (şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Bu taahhütlerden yola çıkararak sosyal sürdürülebilirlik kavramının temel odak noktasını incelediğimizde; nesiller arası eşitlik ve dengeyi korumak adına, gelecek nesillere varlıklarını sürdürebilmeleri ve konfor içinde yaşayabilmeleri için gereksinim duyacakları kaynakların miras bırakılması gerektiği sonucuna ulaşabiliriz (Sev, 2009). Bu sonuçlar doğrultusunda sosyal sürdürülebilirlik, gelir eşitsizliğinin ortadan kaldırılmasını, sağlık ve eğitim gibi sosyal hizmetlerin sunumunda etkinliği ve kolay ulaşılabilirliği, cinsiyete dayalı oluşan eşitsizliği ortadan kaldırmayı, siyasi hesap verme sorumluluğunu, siyasi katılımı ve toplumsal refahı sağlamayı amaçlar (Haris, 2000).

Toplumların mevcut yaşam kalitesi ile birlikte hem bireysel hem de toplumsal refah seviyesi sosyal sürdürülebilirlik açısından önemli göstergelerdir. İnsan refahı, bireyin fiziksel, ruhsal, duygusal ve sosyal sağlık faktörlerinin karmaşık bir bileşimidir. Bu sebeple zaman içerisinde sürekli değişim gösteren gereksinimler temelinde uzun vadeli bir sosyal refah düzeyinin hedeflenmesi de sosyal sürdürülebilirliğin amaçlarındandır (Doğan, 2019).

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu (UNCSD), ‘‘Sürdürülebilirlik Göstergeleri’’ adı altında çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarda sürdürülebilir gelişmeyi sağlama yolunda yardımcı olabilecek tablolar oluşturmuştur. Her tablo ilgili konu başlığı altında paylaşılacaktır. UNCSD tarafından geliştirilen sosyal sürdürülebilirlik göstergeleri Tablo 2.2’de gösterilmektedir.

Tablo 2.2: UNCSD tarafından geliştirilen sosyal sürdürülebilirlik göstergeleri (United Nations, 1996a)

SOSYAL GÖSTERGELER		
Tema	Alt Tema	Gösterge
Eşitlik	Fakirlik	Fakirlik sınırının altında yaşayan nüfus oranı
		Gelir eşitsizliği endeksi
		İşsizlik oranı
	Cinsiyet Eşitliği	Ortalama kadın işçi ücretinin erkek işçi ücretine oranı
Sağlık	Beslenme Durumu	Çocukların beslenme koşulları
	Ölüm Oranı	5 Yaş altı çocuk ölüm oranı
		Doğumda yaşam belirtisi
	Hijyen Koşulları	Yeterli kirli su atık hizmeti alan nüfus oranı
	İçme Suyu	Temiz içme suyuna ulaşabilen nüfus oranı
	Sağlık Hizmetleri	Temel sağlık hizmeti alabilen nüfus oranı
		Bulaşıcı çocuk hastalıklarına karşı aşılama oranı
		Doğum kontrol yöntemlerinin kullanılma oranı
Eğitim	Eğitim Düzeyi	İlkokul mezunu çocuk sayısı
		Lise mezunu yetişkin sayısı
	Okuryazarlık	Yetişkin okuryazar oranı
Barınma	Yaşam Koşulları	Kişi başına düşen yaşam alanı
Güvenlik	Suç	100.000 kişi başına düşen suç oranı
Nüfus	Nüfusun Değişimi	Nüfus artış oranı

Bu göstergelerden yola çıkarsak sosyal sürdürülebilirlik; insanların sağlığının korunması, güvenliğinin sağlanmasını, yaşam kalitesinin artırılması ve engelli bireyler gibi farklı grupların topluma kazandırılmasını amaçlamaktadır (Sev, 2009). Sosyal sürdürülebilirlik, toplumların ve bireylerin üretken bir uyum içinde var olabileceği ve gelecek nesillerin sosyal ihtiyaçlarının karşılanmasına izin veren koşulları yaratmak ve sürdürmek olarak tanımlanırken aşağıdaki ilkeleri de içermektedir: (Morelli, 2011)

- ✓ Kilit hizmetlere erişim eşitliği

- ✓ Nesiller arası eşitlik
- ✓ Farklı kültürlere değer veren toplumsal ilişkiler sistemi
- ✓ Vatandaşların -özellikle yerel düzeyde- siyasi katılımı
- ✓ Topluluk olma duygusu
- ✓ Sosyal sürdürülebilirlik bilincini yaymak için oluşturulan bir sistem
- ✓ Bir toplumun mümkün olan yerlerde kendi ihtiyaçlarını karşılaması için oluşturulacak mekanizmalar
- ✓ Topluluk eylemiyle karşılanamayan ihtiyaçları karşılamaya yönelik siyasi savunuculuk

Özetlemek gerekirse sosyal sürdürülebilirlik; ortaya çıktığı dönemden bu yana sürdürülebilirlik kavramının, teoride ve uygulamada en çok ihmal edilen boyutu olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.1.1.3 Ekonomik Sürdürülebilirlik

Üç temel boyutta ele aldığımız sürdürülebilirlik kavramının temel boyutlarını incelediğimizde, çevresel ve sosyal boyutlardan sonra karşımıza çıkan son kavram ekonomik sürdürülebilirlik kavramıdır. Sürdürülebilirlik kavramının bu boyutu, çevresel ve sosyal unsurların ekonomik tabanlı incelenmesini konu edinmektedir. Ekonomik sürdürülebilirliğin birçok tanımı olmasına karşın, çıkış noktası olarak farklı sürdürülebilirlik modellerinin kullanılması bu tanımlar arasındaki çizgiyi oluşturmakla birlikte ekonomik sürdürülebilirlik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkiye sahip olmayan ve olmamayı amaçlayan bir kavramdır (Gedik, 2020).

Ekonomik sürdürülebilirlik, doğal kaynak kullanımıyla oluşan ürün ve hizmetin, üretim ve tüketim döngüsü çerçevesinde, çevresel risk kaynakları da göz önünde bulundurularak kontrollü ve çevreye zarar vermeden kullanılması, yenilenebilir kaynakların kapasitesinin artırılması ve kullanımının azaltılması gibi çevresel ve ekonomik konuları ele almaktadır (Yılmaz, 2020).

20. yüzyılın başlarında Arthur C. Pigou tarafından ileri sürülen, günümüz sürdürülebilirlik düşüncesinden uzak olan ve literatürde kendisine “Zayıf Sürdürülebilirlik (Weak Sustainability)” olarak yer bulan kavram temelde, doğal kaynakların özel bir öneme sahip olmadığını ve söz konusu herhangi bir boyutun zayıflaması durumunda onu diğer iki boyutun ikame edebileceğini ve böylelikle imkânların gelecek nesillere toplam sermaye

düzeyi ile aktarılacağını savunmaktadır. Buna karşın ‘‘Güçlü Sürdürülebilirlik (Strong Sustainability)’’ kavramı ise doğal kaynakların özel bir öneme sahip olduğunu belirterek, kaybedilen doğal kaynakların bu kayıplardan sonra tekrar üretilmeyecekleri görüşüne sahip olan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018).

Ekonomik sürdürülebilirlik kavramında, doğal çevre atık ürünler için bir havuz görevi görmektedir. Bu sebeple yapım sektörü başta olmak üzere her alanda atıkların geri dönüştürülmesi doğal çevrenin en az düzeyde zarar görmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Yılmaz, 2020). Bu geri dönüşüm sayesinde yapım öncesi hammadde kullanımı ve maliyetler azalırken yapım sonrasında ise doğaya bırakılan ve çevreye zarar veren atık miktarının olumsuz etkileri önemli ölçüde engellenebilmektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda incelediğimizde ideal ve sürdürülebilir ekonomi kavramının temel odak noktası; en az miktarda hammadde kullanımının yanı sıra çevreye verilen zararın minimumda tutulması ile birlikte hem bireysel hem de toplumsal refahın yüksek miktarda sağlanmasını amaçlamak olarak karşımıza çıkmaktadır (Capra, 2020).

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu (UNCSD), ‘‘Sürdürülebilirlik Göstergeleri’’ adı altında çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarda sürdürülebilir gelişmeyi sağlama yolunda yardımcı olabilecek tablolar oluşturmuştur. Her tablo ilgili konu başlığı altında paylaşılacaktır. UNCSD tarafından geliştirilen ekonomik sürdürülebilirlik göstergeleri Tablo 2.3’te gösterilmektedir.

Tablo 2.3: UNCSD tarafından geliştirilen ekonomik sürdürülebilirlik göstergeleri (United Nations, 1996a)

EKONOMİK GÖSTERGELER		
Tema	Alt Tema	Gösterge
Ekonomik Yapı	Ekonomik Performans	Kişi başı GSMH
		GSMH’de yatırımların oranı
	Ticaret	Mal ve hizmetlerde ödemeler dengesi
	Mali Durum	Borçların GSMH’ye oranı
		GSMH’nin yüzdesi olarak alınan dış yardımlar
Üretim ve Tüketim Kalıpları	Malzeme Kullanımı	Malzeme kullanım yoğunluğu
	Enerji Kullanımı	Kişi başı yıllık enerji tüketimi
		Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı

	Atık Üretimi ve Yönetimi	Enerji kullanımı yoğunluğu
		Sanayi ve belediyelerin katı atık üretimi
		Tehlikeli atık üretimi
		Radyoaktif atıkların üretimi
		Atıkların geri dönüşümü

Günümüzde ekonomik çalışmalar devam ederken, sürdürülebilirlik kavramının çevresel boyutu göz ardı edildiği takdirde doğal kaynakların bilinçsizce kullanımı sonucu uzun vadede maliyetler artış gösterecek ve dolaylı yoldan amaçlanan ekonomik sürdürülebilirlik hedefine ulaşamayacaktır. Ulaşamayan ekonomik hedefler doğrultusunda ise mevcut yaşam kalitesi ile birlikte hem bireysel hem de toplumsal refah seviyesi olumsuz etkilenecek ve bu da sosyal sürdürülebilirlik hedefini olumsuz etkileyecektir. Bu zincirleme olaylardan yola çıkarak incelediğimizde sağlıklı ve verimli bir sürdürülebilirlik anlayışı için bahsi geçen 3 temel boyutu bir arada düşünmemiz gerektiği sonucu karşımıza çıkmaktadır.

Birbirinden bağımsız düşünemeyeceğimiz; çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere 3 temel boyutu olan sürdürülebilirlik kavramının hem kullanıcıya hem de doğal çevreye bireysel ve toplumsal ölçekte faydaları Tablo 2.4’de gösterilmektedir.

Tablo 2.4: Sürdürülebilirliğin Faydaları (Abdurrahmanoğlu, 2014)

Çevresel Faydalar	Sosyal Faydalar	Ekonomik Faydalar
Ekosistemin korunması ve biyolojik çeşitliliğin artırılması	Hava, sıcaklık ve akustik çevrenin iyileştirilmesi	İşletme giderlerinin azaltılması
Hava ve su kalitesinin artırılması	Kullanıcı konfor ve sağlığının güçlendirilmesi	Mülk değerinin ve kazancının artırılması
Katı atıkların azaltılması	Toplumsal altyapı gerginliklerinin azaltılması	Çalışanların verimliliğinin ve memnuniyetinin artırılması
Doğal kaynakların korunması	Bireysel ve toplumsal refah seviyesine katkıda bulunması	Ekonomik verimliliğin yükselmesi

Günümüz dünya şartlarında sürdürülebilir olmayan mevcut sistemlerin sebebi, gelişmiş ülkelerdeki aşırı tüketim ile, gelişmekte olan ülkelerdeki yüksek nüfus oranıdır. Sürdürülebilirlik kavramının hayata geçirilebilmesi açısından temel şart ise gelişme ve çevresel boyut kavramları bakımından ülkeler arasında bir denge kurulması olarak

tanımlanabilir (Hoşkara, 2007). Son olarak Mileti (1999), sürdürülebilirliğin temel ilkelerini ve hedeflerini şu şekilde özetlemiştir: (Mileti, 1999)

- ✓ Yaşam kalitesinin korunması ve artırılması
- ✓ Ekonomik verimliliğinin artırılması
- ✓ Sosyal ve nesiller arası eşitliğin sağlanması
- ✓ Çevre kalitesinin korunması ve artırılması
- ✓ Afet esnekliğinin ve hafifletmenin birleştirilmesi
- ✓ Karar üretme ve alma sürecinde katılımcı ve uzlaşmacı bir yaklaşım sergilenmesi

2.1.2 Sürdürülebilirlik Kavramının Tarihsel Gelişimi

Sürdürülebilirlik kavramı her ne kadar son yarım asırda gündemimizde kendisine önemli yer edinmiş olsa da kavramın tarihi ve ortaya çıkışı 1700’lü yıllara kadar dayanmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının ilk kez tarım, ormancılık, balıkçılık gibi yenilenebilir kaynaklar alanında kullanıldığı ve köklerinin 18.yüzyılın ilk çeyreğine kadar dayandığı yönünde literatürde yaygın bir kanı hâkimdir (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018).

Alman bilim adamı ve aynı zamanda muhasebeci olan Johann Carl von Carlowitz tarafından 1713 yılında ilk kez almanca (nachhaltigkeit) olarak ‘‘Yabani Ağaç Yetiştirme Kılavuzu-Sylvicultura Oeconomica’’ adlı çalışmada kullanılan sürdürülebilirlik kavramı ormanlar ve ormanların devamlılığı için kullanılmıştır. Bu çalışmada Carlowitz, sürdürülebilir orman anlayışı için kesilen ağaç sayısının dikilen ağaç sayısını aşmaması gerektiğini belirtmiştir (Pittel, 2002).



Şekil 2.4: ‘‘Sylvicultura Oeconomica’’ kapağı (von Carlowitz, 1732)

İlk olarak ormancılık alanında ortaya çıkmış olsa da modern anlamda sürdürülebilir kalkınma kavramını dile getiren ilk kişi olması sebebiyle, Carlowitz'in sürdürülebilir kalkınma literatüründe yeri şüphesiz çok önemlidir. Carlowitz'in "Yabani Ağaç Yetiştirme Kılavuzu" isimli çalışması sürdürülebilir kalkınma kavramının günümüze kadar olan yolculuğunda kilometre taşı olurken, sanayi devrimine giden süreçte sürdürülebilir kalkınma ihtiyacının doğal kaynak-insan ihtiyacı dengesizliğinden meydana geldiğini savunmuştur. Buradan yola çıkarak Carlowitz'in sürdürülebilirlik kavramına bakışını "stokların korunumu" şeklinde özetleyebiliriz (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018).

Sürdürülebilirlik kavramının tarihi üzerine çalışmalar yapan Vehkamäki (2005), bu kavramın dini temellerinin bilinenden daha eski olduğu ve ilk İncil olan Genesis'e kadar uzandığını ileri sürerken kavram olarak 18. yüzyılda anlam kazandığını ve yaban hayatının yönetimi ile bağlantılı olarak kullanıldığını belirtmiştir. Bununla birlikte sürdürülebilirlik kavramının, ormanların yönetimi ile ilgili olarak ortaya çıktığını belirten Vehkamäki (2005), "yenilerinin yetişebilmesi için mevcut ağaçların belli bir süre sonra kesilmesinin gerekliliği" şeklinde tanımlandığına dikkat çekmiştir (Vehkamäki, 2005).

Carlowitz'in çalışmasından sonra sürdürülebilirlik kavramı araştırmacılar tarafından yoğun ilgi görmeye başlamıştır. Sürdürülebilirlik üzerine araştırmalar yapan bir başka Alman araştırmacı ve akademisyen George Ludwig Hartig (1805), "Vergi Talimnamesi ve Ormanların Tasviri-Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste" adlı eserinde, her orman yöneticisinin, gelecek nesillerin de en az şu anki nesiller kadar doğadan faydalanabileceği şekilde kendi alanlarını değerlendirmek ve korumak mecburiyetinde olduğunu dile getirmiştir (Hartig, 1805) ; (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018).

İngiliz politik iktisatçı Thomas Malthus da 1800'lü yılların başında çevre konularıyla ilgili çalışmalar yapan bir başka isimdir. Malthus'un (1798) çalışmaları; dünyanın tükenebilir doğal kaynaklarının, artan insan nüfusunun taleplerini karşılamaya yetip yetmeyeceği tartışmasını ortaya çıkarırken bu dönemde kaleme aldığı "Nüfus Artışı Hakkında Araştırma- An Essay on the Principle of Population" çalışması çevreciliğe dair çerçeve oluşturmuştur (Basiago, 1999).

Britanyalı doğa bilimci ve coğrafyacı Alfred Russel Wallace tarafından 1898 yılında kaleme alınan "The Wonderful Century" adlı eser, 19.yüzyılda insanlığın başarı ve başarısızlıklarını değerlendirmektedir. Eserde, dünyadaki doğal kaynakların yağmalanması ile ilgili bir bölüm yazan Wallace (1898), doğal kaynakların bilinçsiz tüketimi sonucu oluşan hasara dikkat çekerken kömür, petrol, gaz ve minerallerin sorumsuzca çıkarılmasını

ve yağmur ormanlarının sömürülmesini gelecek nesillere yapılan bir haksızlık olarak değerlendirmiştir (Du Pisani, 2006).

Antroposen çağı olarak da tanımladığımız; nüfus artışı, gelişen sanayi sistemi, değişen ihtiyaçlar ve ilerleyen teknolojiyle bağlantılı olarak insanlığın yaşadığı doğal çevreye ve dünyaya etkisinin en üst düzey olduğu dönem günümüzde de devam etmektedir. İnsanlık tarihinin kilometre taşlarından biri olan ve antroposen çağının da ilk basamağı olarak kabul edebileceğimiz Endüstri Devrimi ile başlayan bu süreçte nüfus artışı, gelişen teknoloji ve doğal kaynakların dikkatsizce tüketimi sonucu meydana gelen çevresel problemler, ulusal ve uluslararası boyutlarda birçok kişiyi var olan doğal kaynakların nasıl korunabileceği konusunda fikir üretmeye yönlendirmiştir (Eryılmaz, 2011). Oluşan çevresel problemler sonucunda mevcut doğal kaynakların hiç de uzak olmayan bir gelecekte tükenme ihtimalinin oluşması, kalkınma kavramının sürdürülebilir olması gereğinin daha geniş kitleleri etkilemesini sağlamıştır (Büke & Köne, 2006).

Endüstri Devrimi ile başlayan yeni dönemde uygulanan kalkınma politikaları ile doğal çevre göz ardı edilmiş ve uygulanan hatalı politikalar sonucu oluşan ortamda, ulusal ve uluslararası ölçekte çevresel kaygılar oluşmuştur. Bu kaygıların neticesinde bireysel ve toplumsal boyutlarda yeni kalkınma yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaya başlanmış olup doğal çevre konularıyla ilgili çalışmalar artarken çevrecilik fikirleri de yaygınlaşmıştır (Hoşkara, 2007). Bu arayışa karşın II. Dünya Savaşı'nın başlamasıyla birlikte çevrecilik hareketleri duraklarken savaş sonrası dönemde dünya genelinde kalkınmacı ekonomi benimsenmiştir. Kalkınmacı ekonomi anlayışıyla birlikte doğal çevre düşünülmeden mevcut kaynakların sömürülme hızı artarken kalkınma adına meydana gelen doğal çevre tahribatı göz ardı edildi ve ekonomik kalkınmanın devamlılığı yapılan her eylemin doğru ve geçerli kabul edilmesi için yeterli görüldü (Kıymıllı, 2006).

Endüstri Devrimi ile başlayan sürecin ardından yaşanan dünya savaşlarıyla birlikte meydana gelen küresel değişikliklerin sonucu olarak ortaya çıkan çevresel duyarlılık ve doğal kaynak yetersizliği endişeleri iyice artmıştır. II. Dünya Savaşı sonra erdikten sonra Amerikalı bilim insanı Rachel Louise Carson tarafından 1962 yılında kaleme alınan Silent Spring adlı eser dünya genelinde çevrecilik anlayışı adına önemli bir adım olmuştur. Carson, Silent Spring adlı eserinde, DDT'nin (Dikloro Difenil Trikloroetan) yaygın kullanımının kuş hayatına verdiği tahribatı detaylandırmıştır. Bilinçsiz teknoloji kullanımı ve insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararlara dikkat çeken bu eser dünyada çevrecilik anlayışına önemli katkılarda bulunmuştur (Tuazon, Corder, & Mclellan, 2013).

Endüstri Devrimi ve dünya savaşları sonrası izlenen ekonomik kalkınma politikaları ile doğal çevrenin ihmal edilmesi sonucunda meydana gelen çevresel tahribatın boyutları 1960'lı yıllarda anlaşılmaya başlanmıştır. Savaş dönemiyle birlikte duraksayan çevrecilik hareketleri 1970'li yıllarda tekrardan gündeme gelerek aynı zamanda uluslararası boyuta taşınmıştır. Tarihsel süreci incelediğimizde, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma düşüncesinin ortaya çıkmasının ve kavramsallaşmasının, aslında çok uzun soluklu bir çalışmanın sonucu olduğunu ve başta BM teşkilatı olmak üzere, birçok uluslararası kurum ve kuruluşun yapmış olduğu yoğun çalışmalar sonucu ortaya çıktığını belirtmekte fayda var (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018).

Birleşmiş Milletler teşkilatı öncülüğünde, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarını, tarihsel süreç boyunca konu alan uluslararası çalışmaların bazıları Tablo 2.5'te kronolojik sıra ile gösterilmektedir.

Tablo 2.5: Sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan bazı uluslararası çalışmalar

Tarih	Konferans
1972	BM İnsan ve Çevre Konferansı (Stockholm Konferansı)
1972	Büyümenin Sınırları Raporu (Limits the Growth-Roma Kulübü)
1976	UNEP Akdeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmesi (Barselona Sözleşmesi)
1980	BM Çevre Programı ve Dünya Koruma Stratejisi
1987	Dünya Çevre ve Kalkınma Konferansı Ortak Geleceğimiz Raporu (Brundtland Raporu)
1992	BM Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Bildirgesi-Rio de Janeiro/Brezilya)
1992	Avrupa Birliği Beşinci Eylem Planı
1994	BM Uluslararası Nüfus ve Kalkınma Konferansı (ICPD-Kahire/Mısır)
1996	BM İnsan Yerleşimleri Konferansı (Habitat II-İstanbul/Türkiye)
1997	BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (Kyoto Protokolü)
1997	BM Özel Oturumu (Rio + 5 Zirvesi)
2000	BM Milenyum Zirvesi (Milenyum Bildirgesi)
2002	Sürdürülebilir Gelişme Dünya Zirvesi (Johannesburg Zirvesi-Rio+10)

Tablo 2.5 (Devam): Sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan bazı uluslararası çalışmalar

Tarih	Konferans
2009	BM İklim Değişikliği Konferansı (Kopenhag Zirvesi)
2012	BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20 Zirvesi)
2014	Avrupa Birliği 7. Çevre Eylem Programı “Gezegenin Sınırları İçinde, Daha İyi Yaşamak”
2015	BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (Paris İklim Zirvesi)
2016	BM Konut ve Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Konferansı (Habitat III-Quito/Ekvador)
2018	BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (24. Taraflar Konferansı)

2.2 Kalkınma Kavramı

Sanayi devriminin meydana gelmesiyle birlikte yeni bir döneme adım atan dünya bu süreçte hem teknolojik hem de endüstriyel anlamda büyük gelişmelere de sahne olmuştur. Hızla artan insan nüfusu ve teknolojik gelişmeler hammaddeye olan talebi arttırırken bu süreçte artan insan ihtiyaçlarıyla birlikte meydana gelen üretim ve tüketim taleplerini karşılayabilmek açısından doğal ve tükenbilir kaynaklar bilinçsizce kullanılmıştır. Sanayi devrimiyle birlikte ülkelerin, gelişen teknoloji ve endüstri alanlarında kalkınma çabaları uzun yıllar boyunca doğal çevre ve kaynakların ihmal edilmesine ve bilinçsizce tahrip edilmesine sebep olmuştur. Özellikle ikinci dünya savaşından sonra başlayan kalkınma politikaları, birçok ülkeyi ekonomik olarak gelişmiş ülke statüsüne sokarken aynı zamanda insanlığın geleceğini tehdit eder boyutta çevre sorunlarıyla baş başa bırakmıştır (Tıraş, 2012).

Kalkınma kavramı hem ekonomik hem de siyasal alanda istenilen gelişim ve değişimin ülke ölçeğinde sağlanması olarak tanımlanabilir. Kalkınma, üretim ve kişi başına düşen gelirin arttırılması, az gelişmiş toplumlarda sosyokültürel ve iktisadi yapının düzeltilmesi ve iyileştirilmesi olarak tanımlanabilir (Kara, 2017). Sanayi devrimiyle gündeme gelen ve II. Dünya Savaşı sonrası yaygın olarak kullanılmaya başlayan kalkınma kavramı, ülkelerin global piyasalarda büyük paya sahip olma isteği ve üretim odaklı stratejileri sonucunda çevresel boyutlarda ciddi zararlara sebep olmuştur. 1960’lı yıllarda çevreye verilen tahribatın boyutlarının algılanmaya başlanması ile gündeme gelen çevre hareketleri, 1970’lerde uluslararası boyuta ulaşmış, 1983 yılında Birleşmiş Milletler (BM) tarafından

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun (WCED) kurulmasına sebep olmuştur (Özmehmet, 2008).

1970'lerden itibaren kalkınma ve doğal çevre arasında denge kurulması için arayışlar hız kazanırken, insanların ve diğer canlıların yaşamları üzerinde etkili olan doğal ve yapay tüm faktörleri içinde barındıran çevreyi ve beşeri sermayeyi dikkate alan, kaynakların bilinçsiz kullanımını engellemeyi amaçlayan uzun dönemli tek kalkınma modeli olan "Sürdürülebilir Kalkınma" modeli gündeme gelmiştir (Tıraş, 2012). Bu arayışlar sonucunda, çevre sorunlarına çözüm üretmenin ön plana çıktığı uluslararası platformlarda, çevrenin kalkınma ile ilişkisinin ön plana çıkarıldığı ve sürdürülebilir kalkınma kavramının tanımlandığı 1987 Brundtland Raporu oluşturulmuştur (Özmehmet, 2008).

"Sürdürülebilir Kalkınma" kavramının en yaygın ve uluslararası düzeyde kabul görmüş tanımı; eski Norveç Başbakanı ve sürdürülebilir kalkınma kavramının mucidi olarak isim yapmış Gro Harlem Brundtland tarafından yazılan ve BM'nin çevre ve sürdürülebilir kalkınma konferanslarına da temel oluşturan ayrıca Brundtland Raporu olarak da bilinen "Our Common Future-Ortak Geleceğimiz" adlı raporda belirtilmiştir. Ortak Geleceğimiz adlı raporda belirtilen tanıma göre sürdürülebilir kalkınma; "bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek nesillerin kendi gereksinim ve beklentilerini karşılayabilme olanaklarından ödün vermeden karşılayabilmek" şeklinde tanımlanmıştır (WCED, 1987).

Brundtland Raporu'nun sürdürülebilir kalkınma tanımında yer alan "gelecek nesillerin kendi gereksinim ve ihtiyaçlarını karşılayabilme olanaklarından ödün vermeden" yaklaşımı, yenilenemeyen doğal kaynakların tüketiminin veya bilinçsiz kullanımının en aza indirilmesini, yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve oluşan atıkların yerel ve küresel ölçekte emilme kapasiteleri içinde kalmasını ifade etmektedir (Hoşkara, 2007).

Sürdürülebilir kalkınma kavramının bir başka tanımı, 1991 yılında hazırlanan "Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living – Yeryüzünü Önemsemek: Sürdürülebilir Yaşam için Bir Strateji" raporunda, "insanın yaşam kalitesinin, bağımlı olduğu ekosistemin taşıma kapasitesinin sınırları içinde kalmak koşuluyla artırılması" olarak karşımıza çıkmaktadır (IUCN, UNEP, & WWF, 1991). Uluslararası raporlarda yapılan tanımlamalar ve ilkeler doğrultusunda sürdürülebilir kalkınma; destekleyici ekosistemlerin taşıma kapasitesi ve kaynak temeli içinde yaşarken, sosyal, ekonomik ve çevresel anlamda insan yaşam kalitesini korumak ve yükseltmek olarak tanımlanmaktadır (Hoşkara, 2007).

Blowers'a (1993) göre sürdürülebilir kalkınmanın temel hedefi, doğal ve yapılaşmış çevreler için meydana gelecek olumlu gelişmeleri; (Blowers, 1993)

- ✓ Doğal varlık stoğunun korunmasına olan gereksinim;
- ✓ Dünyanın doğal ekosistemlerini iyileştirme kapasitesine zarar verilmesini engelleme gereksinimi
- ✓ Daha fazla sosyal eşitliğe ulaşma gereksinimi
- ✓ Başarılı üretimler üzerindeki risklerin toplam maliyetine yüklenen vergilerden kaçınma yollarına uyumlu olacak şekilde desteklemektir.

Dünya Doğayı Koruma Birliği (IUCN), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tarafından ortak olarak 1991 yılında hazırlanan "Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living – Yeryüzünü Önemsemek: Sürdürülebilir Yaşam için Bir Strateji" raporunda, sürdürülebilir yaşam ve kalkınma için dokuz ilke önerilmiştir. Bu ilkeler şunlardır: (IUCN, UNEP, & WWF, 1991)

- ✓ Toplumsal yaşama saygı ve özen gösterilmesi
- ✓ Yaşam kalitesinin arttırılması
- ✓ Yeryüzünün canlılığının ve çeşitliliğinin korunması
- ✓ Yenilenemeyen kaynak kullanımının azaltılması
- ✓ Yeryüzü taşıma kapasitesi sınırlarına uyulması
- ✓ Kişisel davranışların ve uygulamaların sürdürülebilir yaşam kavramına göre değiştirilmesi
- ✓ Birey ve toplumun kendi çevresine özen göstermesinin sağlanması
- ✓ Gelişim ve kalkınma ile koruma arasındaki entegrasyonun sağlanmasına yönelik ulusal bir çerçeve oluşturulması
- ✓ Sürdürülebilirliğin küresel ölçekte sağlanabilmesi için evrensel çalışmalar yapılması

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ile birlikte, insan eylemlerinin ve bu eylemlerin etkilerinin; bireysel ve toplumsal perspektifte, ulusal ve uluslararası düzeylerde çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlara ayrıldığı bir yaklaşım yerine, bu boyutların bir arada ele alındığı bütüncül bir yaklaşımı ilke edinmek daha doğru olacaktır. Bu bağlamda çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarda sürdürülebilir kalkınma ilkeleri Tablo 2.6'da özetlenmiştir (Du Plessis, 1998) ; (Hoşkara, 2007).

Tablo 2.6: Sürdürülebilir Kalkınma İlkeleri (Du Plessis, 1998); (Hoşkara, 2007)

Sürdürülebilir Kalkınma İlkeleri	
Çevresel	✓ Yeryüzü canlılığının ve çeşitliliğinin korunması ✓ Yaşam destek sistemlerinin korunması ✓ Yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir kullanımı ✓ Yenilenemeyen kaynakların kullanımının en aza indirgenmesi ✓ Çevreye ve canlı sağlığına verilen zararın en aza indirgenmesi ✓ Kültürel ve tarihi çevrenin korunması
Sosyal	✓ İnsan yaşam kalitesinin geliştirilmesi ✓ Toplumsal sosyal adaletin desteklenmesi ✓ Kültürel ve sosyal bütünlüğün düşünülmesi ✓ Bireysel güven ve hür iradenin korunması ✓ Bireysel ve toplumsal katılımlarla iş birliği içerisinde karar alınması ✓ Halkın yetkilendirilmesi ve fırsatlar sağlanması
Ekonomik	✓ Uluslar ve nesiller arası adaletin korunması ✓ Gruplar arası ekonomik dengenin korunması ✓ Gerçek maliyet fiyatlandırılmasının sağlanması ✓ Etik olan tedarik ve yatırım politikalarının desteklenmesi ✓ Maliyet ve yararların eşit dağıtımının desteklenmesi ✓ Yerel ekonomilerin desteklenmesi

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ

İnsanlık tarihi boyunca barınma amaçlı yapılar başta olmak üzere bir yapının önceliği kullanıcıyı doğrudan veya dolaylı yollarla doğanın ve doğal çevrenin zararlı etkilerinden korumak olmuştur. Günümüz şartlarında geline nokta, dünya genelinde meydana gelen yüksek nüfus artışı, doğal kaynakların hızlı ve bilinçsizce tüketilmesi ile yeryüzünün maksimum taşıma kapasitesi sınırlarına ulaşmasından dolayı doğayı ve doğal çevreyi insan ve insan yapılarından koruma ihtiyacı zorunlu hale gelmiştir. Bu süreçle birlikte önem kazanan ve birçok boyuta sahip olan sürdürülebilirlik kavramı sonrası sürdürülebilir mimarlık kavramı da hayatımıza girmiştir (Tufan & Özel, 2018). Çevresel sorunların evrensel boyut kazanması ile birlikte 1970'lerden itibaren meydana gelen küresel ölçekli farkındalık, çevreye duyarlı ve enerji kaynaklarının bilinçli kullanımını ve paylaşımını hedefleyen sürdürülebilirlik kavramı, mimari planlamalarda enerji etkin, çevre ve doğa ile uyumlu bir mimari yaklaşımı ortaya çıkartmıştır (Ateş Can & Kurtoğlu, 2017).

Dünyanın geleceğini ve insan neslinin devamlılığını yakından ilgilendiren sürdürülebilirlik kavramı, birçok disiplinde kendine yer bulurken mimarlık alanındaki tanımı, doğal ve tükenemez enerji kaynaklarından bilinçli şekilde faydalanma ve yapım-kullanım-yıkım aşamalarının tamamında çevre koşullarına uyumlu hareket etme kabiliyeti olarak karşımıza

çıkılmaktadır (Ateş Can & Kurtoğlu, 2017). Geçmişten günümüze giderek artan küresel çevre sorunlarına çözüm olarak bütüncül ve stratejik bir yapılaşma yaklaşımı olan sürdürülebilir mimari anlayışı ile geleneksel bakış açısı olarak tanımlayabileceğimiz ortam şartlarıyla mücadele eden yapı anlayışı yerini, çevresel uyaranlara yanıt vererek ortam şartlarına uyum gösteren yapı anlayışına bırakmıştır (Orhon, 2012).

Sürdürülebilir mimarlık kavramı her ne kadar son dönemlerde gündemimizde kendisine yer bulmaya başlamış gibi görünse de geçmişten günümüze mimarlar bu kavramı uyum sağlayabilmek için kullanmışlardır. Örneğin Sokrates, kış güneşinden daha çok faydalanabilmek için evlerin güney cephesinin kuzeyden daha yüksek, soğuklardan korunabilmek için ise kuzey cephesinin güneyden daha alçak olmasını tavsiye etmiştir. Vitruvius ise konut yapımında iklim şartlarının mutlaka dikkate alınması gerektiğini söylemiştir (Yetkin, 2019). Günümüzde ise sürdürülebilir mimarlık, mevcut şartlarda ve varoluşun her aşamasında, gelecek nesilleri de düşünerek, yenilenebilen enerji kaynaklarının kullanılmasını amaçlayan, çevresini düşünen, kullanıcı konforunu ve sağlığını koruyan, yapılarda suyun, malzemenin ve enerjinin en etkili şekilde kullanılabilmesini sağlayan ve amaçlayan faaliyetler olarak tanımlanabilir (Sev, 2009).

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları gibi uzun bir tarihsel geçmişe sahip olan sürdürülebilir mimarlık kavramının ortaya çıkışı toplumdan topluma farklılıklar göstermektedir. Yaşam biçimleri, coğrafi şartlar, sosyal ve fiziksel gereksinimler ile ekonomik nedenler sürdürülebilir mimarlık kavramının şekillenmesinde etkili olurken gelişen ve değişen çevresel koşullar, iklim değişiklikleri, teknolojik gelişmeler, nüfus artışı ve doğal kaynakların hızla ve bilinçsizce tüketilmesi de sürdürülebilir mimarlık kavramının gelişmesine katkı sağlamıştır (Yılmaz, 2020).

Uluslararası Mimarlar Birliği (UIA) ve Amerikan Mimarlar Birliği Enstitüsü (AIA) tarafından 1993 yılında Chicago’da düzenlenen Dünya Mimarlar Kongresi’nde yayınlanan ‘‘Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Bağımlılık Bildirgesi’’ ne göre ise sürdürülebilir mimarlığın hedefleri, yapı üretimi ve tasarımı konusunda enerji ve enerji kaynağının daha etkin kullanımının sağlanması, dayanıklılığı ve işlevselliği yüksek yapı ve yapı malzemelerinin kullanılması ve çalışmaya haz veren estetik duyarlılıktır (UIA & AIA, 1993).

Günümüz zaman diliminde bilinçsizce kullanılan doğal kaynakların tükenmeye başlaması, doğal çevrenin zarar görmesi, hızlı nüfus artışı ile bu doğrultuda meydana gelen yapı-altyapı gereksinimlerinin artışı ve ekonomik koşulların yetersiz kalması gibi nedenler

geleneksel yapım yöntemlerinin yetersiz kaldığını bizlere gösterirken bunun yerine sürdürülebilir yapım yöntemlerinin kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Yetkin, 2019). Geleneksel yapım yöntemleri, kalite, maliyet ve süre hedeflerine odaklanmaktadır. Sürdürülebilir yapım yöntemleri ise bu hedeflere, bilinçsiz kaynak kullanımının ve tüketiminin azaltılması, çevresel bozulmanın minimuma düşürülmesi ve sağlıklı bir yapıyı çevre oluşturulması hedeflerini de eklemiştir (Kibert, 1994).

Yaşamın sürekliliği ve kullanıcı konforu bakımından bir gereklilik olan enerjinin, yoğun oranda kullanıldığı alanların başında gelen mimari uygulamalarda, mekan ihtiyacının karşılanması sonucu ortaya çıkan yapılaşma ve bu yapılaşma için kullanılan enerji miktarındaki hızlı artış sonucu, estetik, çevresel ve ekonomik boyutları açısından enerji kavramının sürdürülebilir mimari alanındaki önemi anlaşılmıştır (Göksal, 2003). Bu çıkarımlar sonucunda sürdürülebilir mimari kavramı için; binaların ve altyapıların planlanması, tasarlanması ve inşa edilmesi yoluyla hammaddelerin doğadan çıkarılıp, değerlendirilmesinden, binaların ve altyapıların sökümü ve meydana gelen atıkların yönetimine kadar olan geniş çaplı yapım döngüsüne ilave olarak, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin de uygulanması anlamına gelen genel bir tanımlama yapmak mümkündür (Hoşkara & Sey, 2008). McLennan (2004) sürdürülebilir mimari tasarımı, doğal çevreye olan negatif etkileri minimize ederken yapıyı çevre kalitesini maksimize etmeyi hedefleyen ve bu doğrultuda araştırma yapılan bir tasarım felsefesi olarak tanımlamaktadır (McLennan, 2004).

Farklı açılımları olan, çok boyutlu ve disiplinler arası çalışma gerektiren sürdürülebilir mimari kavramı, her biri kendi içerisinde özelleşebilen birçok farklı uzmanlık alanını bünyesinde barındırmaktadır (Tatar, 2013). Yakın tarihte sürdürülebilir mimari adıyla gündemimizde kendisine yer bulmasına karşın bu yaklaşım öncesi, güneş mimarlığı terimi ile güneş enerjisinden faydalanarak, doğal kaynakların ve yakıtların tüketiminin azaltılmasına yönelik kavramlar da mevcuttur. Güneş mimarlığı adıyla anılan bu kavram ilerleyen süreçte, su kullanımı, iklim kontrolü, gıda üretimi, hava temizleme, katı atık arıtımı, atık su arıtma ve genel enerji verimliliğini içeren konuların kapsamını genişleten mevcut ve daha geniş bir sürdürülebilir mimari konseptine dönüşmüştür (Yılmaz, 2020).

Günden güne kapsama alanı genişleyen sürdürülebilirlik kavramının mimarlık boyutuyla ilgili olarak; yapı malzemeleri, yerel malzemeler, yenilenebilir kaynaklar ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını ve kullanıcının fiziksel konforu gibi başlıklar sürdürülebilir mimari kavramı adı altında önemle bahsedilirken bir binanın çevresiyle

uyumlu olacak şekilde tasarlanması gerektiği de vurgulanmaktadır (Milosevic, 2004). Sev (2009) ise sürdürülebilir mimarlık kavramını sadece coğrafi verilerden ve güneş enerjisinden faydalanmak olarak görmeyip, ekolojik sistemlere yönelik olumsuz etkilerin azaltılması, enerji, malzeme ve su kaynaklarının bilinçli tüketimi, yaşam döngüsü tasarımı, atıkların dönüştürülmesi, kullanıcıların ruhsal sağlığı ile fiziksel konforunun korunması gibi alt başlıkların da sürdürülebilir mimari kavramının kapsamına dahil olduğunu belirtmektedir (Sev, 2009).

Farklı açılımları olan, çok boyutlu ve disiplinler arası çalışma gerektiren sürdürülebilir mimari kavramı ortaya çıktığı günden bu yana birçok şekilde tanımlanmıştır. Fisher (1993), sürdürülebilir mimarlık kavramını, enerjiyi koruyan, yenilenemeyen ve çevreye zararlı malzemeler yerine yenilenebilir ya da geri dönüştürülebilir malzemeler kullanan, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmayı hedefleyen ve daha dikkatli ölçeklendirilmiş yapılar ve toplumlar yaratma çabası olarak tanımlamaktadır (Fisher, 1993). Dünyaca ünlü İngiliz mimar Norman Foster (2001) ise sürdürülebilir mimarlığı, en az ile en çoğu gerçekleştirmek olarak tanımlarken fazla miktarda atık üreten mekanik sistemlere bağımlı olmak yerine, yenilenemeyen ve küresel ısınmaya katkı sağlayan kirlilik üreten enerji kaynaklarının kullanımını azaltmayı hedefleyen pasif mimarlığın ideal yöntem olduğunu belirtmiştir (Foster, 2001).

Mollison ve Slay'e (1994) göre sürdürülebilir mimarlığın temel odak noktası, ekolojik açıdan sağlam ve ekonomik açıdan uygun, kendi ihtiyaçlarını kendisi karşılayabilen, çevresine zarar vermeyen, sömürmeyen, kirliletmeyen ve bu şartlar doğrultusunda uzun süre sürdürülebilir olan sistemler yaratmaktır (Mollison & Slay, 1994). Sürdürülebilir mimarlık kavramını insan faaliyetleri sonucu meydana gelen sayısız çağdaş kaygıya çözüm olarak mimarlığın gözden geçirilmiş bir kavramsallaştırması olarak gören Williamson ve arkadaşları (2003) bu kavramı; iklimle uyumlu, enerji etkin model, alanın sosyal ve kültürel hayatına saygı gösteren, doğal kaynaklar konusunda tutumlu, çevre ve ekosistem üzerinde minimum etkilere sahip bir yapı tasarımı bilinci olarak tanımlamaktadır (Williamson, Radford, & Bennets, 2003).

Son dönemlerde sürdürülebilir mimarlık adıyla gündemimizi yoğun şekilde meşgul etmesine karşın sürdürülebilir ve mimarlık kavramlarının kesişim kümesi geçmiş dönemlerde de farklı tanım ve isimlerle karşımıza çıkmaktadır. Yapıları kategorize etmek için kullanılan terminolojideki zengin kelime hazinesi sürdürülebilir mimari olgusunun çok boyutlu olduğunu bizlere sunarken aynı zamanda net bir tanımlama yapılamadığını da

göstermektedir. Bu tanımlamaları incelediğimizde çevresel tasarım, yeşil mimarlık, iklime uyumlu mimari, ekolojik mimarlık, çevre dostu mimarlık, akıllı mimarlık, enerji etkin tasarım ve enerjiye duyarlı mimarlık gibi farklı isimlerle karşımıza çıkmaktadır. Bu tanımlamalara karşın son dönemde gerçekleştirilen sürdürülebilir mimari uygulamaları incelediğimizde eko-merkezcil, eko-teknik ve eko-sosyal olarak 3 ana başlık altında ayrıldığını görmekteyiz (Guy & Farmer, 2001) ; (Durmuş, 2008).

Sürdürülebilir mimari anlayışı temelde, yapıların yaşam döngüsü içerisinde büyük miktarda enerji ve malzeme tüketmeleri nedeniyle bu malzeme ve enerji tüketimini azaltmak için ortaya çıkmıştır (Yılmaz, 2020). Mevcut koşullara ve ihtiyaçlara cevap verebilme odaklı yapılan mimari çalışmalarda karşılaşılan en temel problemlerden birisi yapılan çalışmanın gelecek dönemde farklılaşan kullanıcı istek ve ihtiyaçlarını karşılayamamak olmuştur. Bu yüzden günümüz şartlarında uygulanan yapılar, hızla değişen kullanıcı taleplerini karşılayabilmek için esnek bir yapıya ve esnek bir mekânsal yapılandırmaya ihtiyaç duymaktadır (Estaji, 2017). Bu ihtiyaçlara cevap verebilme gereksinimi doğrultusunda sürdürülebilir mimarlık kavramı da günden güne gelişmekte ve etki alanını büyötmektedir.

3.1 Sürdürülebilir Mimarinin Tarihsel Gelişimi

Tarihsel geçmişine baktığımızda ilk olarak çevre sorunları doğrultusunda ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı gelişen teknoloji ve değişen insan ihtiyaçları ile birlikte kapsam alanını genişleterek mimarlık alanında da kendisine yer bulmuştur.

Günümüz tüketim alışkanlıklarını ve mevcut toplumsal bilinci, ‘‘Planning and design strategies for sustainability and profit: pragmatic sustainable design on building and urban scales’’ adlı kitabında dile getiren Adrian Pitts (2004), en iyiyi yakalamanın tek yolunun bir bütünü oluşturan tüm etmenlerin iyi olmasından geçtiğini savunmaktadır. Bu düşünce tarzından yola çıkarak sürdürülebilirlik kavramını incelediğimizde tek başına gelişebilecek bir olgu olmanın aksine, toplumsal bilinç, yatırımcılar, alanında uzman kişiler ve siyasi yönetimler gibi başlıca etmenlerin bir bütünün parçası olarak ve belirli bir uyum içerisinde işlemesi ve gelişmesi gerektiği sonucuna ulaşmaktayız (Bilge, 2007). Bu sonuçla birlikte belirleyici unsur olarak ücret yerine nitelik kavramının ön plana çıkacağı bilinçli bir toplumsal yapı ile sürdürülebilir yaşam tarzına ve sürdürülebilir mekânlara ulaşma hedefi daha gerçekçi bir amaç haline gelecektir (Pitts, 2004). Sürdürülebilirlik kavramı ve mimarlık pratiğinin kesişme noktası olarak karşımıza çıkan sürdürülebilir mimarlık kavramı bir amaç olarak sıklıkla tartışılmasına ve çalışmalara konu olmasına rağmen

kapsamı tam olarak belirlenemeyip net bir kavramsal tanımdan da mahrum kalmaktadır (Baweja, 2014).

Sürdürülebilirlik kavramının ilk kez tarım, ormancılık, balıkçılık gibi yenilenebilir kaynaklar alanında kullanıldığı ve köklerinin 18.yüzyılın ilk çeyreğine kadar dayandığı yönünde literatürde yaygın bir kanı hâkimdir. (Şen, Kaya, & Alpaslan, 2018). Antroposen çağı olarak da tanımladığımız; nüfus artışı, gelişen sanayi sistemi, değişen ihtiyaçlar ve ilerleyen teknolojiyle bağlantılı olarak insanlığın yaşadığı doğal çevreye ve dünyaya etkisinin en üst düzey olduğu dönem günümüzde de devam etmektedir. İnsanlık tarihinin kilometre taşlarından biri olan ve antroposen çağının da ilk basamağı olarak kabul edebileceğimiz Endüstri Devrimi ile başlayan bu süreçte nüfus artışı, gelişen teknoloji ve doğal kaynakların dikkatsizce tüketimi sonucu meydana gelen çevresel problemler, ulusal ve uluslararası boyutlarda birçok kişiyi var olan doğal kaynakların nasıl korunabileceği konusunda fikir üretmeye yönlendirmiştir (Eryılmaz, 2011).

Çevre ve ekonomi kavramlarının birlikte ve uyumlu olarak çalışabileceği bir sistem hedefinin oluşturduğu temeller doğrultusunda ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte geçmişten günümüze sürekli değişen ve gelişen mimarlık pratiğinde de yeni tasarım anlayışlarının ortaya çıkması ve benimsenmesi kaçınılmaz olmuştur. Sanayi Devrimi ile başlayan süreçten günümüze kadar sürekli gelişen teknoloji ve değişen kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda mimarlık pratiği ve yapım sektörü de bu süreçte kendini güncellemiş ve geliştirmiştir. Sanayi Devrimi sonrası gelişen teknoloji ve üretim odaklı çalışma anlayışı ile meydana gelen tükenbilir kaynak kullanımındaki artış ile çevreye zarar veren enerji kaynaklarına dayalı üretim sistemi ve kullanıcı yaşam tarzının çevreye verdiği zararlar ancak 20.yüzyılda anlaşılabilmiştir (Bilge, 2007).

Brundtland raporu (Our Common Future) olarak da bilinen ve 1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından hazırlanan konferans kapsamında, sürdürülebilir kalkınma kavramı ile ilgili katılımcı ülkeler arasında görüş birliği sağlanması sonrası sürdürülebilir mimari kavramı da takip eden yıllar içerisinde gündemimizde kendisine önemli yer bulmuş ve kullanımı günden güne yaygınlaşmıştır. BM Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından hazırlanan Brundtland Raporu ile önem kazanmaya başlayan sürdürülebilir kalkınma kavramı, 1992 yılında Rio de Janeiro’da düzenlenen Yeryüzü Zirvesi ile pekiştirilmiş ve mimarlık pratiği ve mimari tasarım olgusunda da dikkate alınması gereken bir kavram olarak karşımıza çıkmıştır (Bilge, 2007). Mimarlık pratiğinde olduğu gibi birçok çeşitli çalışma alanında da ele alınan

sürdürülebilir kalkınma kavramı ile ilgili 2003 yılı verilerine göre Amerika Kongre Kitaplığında 4.410'dan fazla kitap ve daha birçok rapor, makale ve bilimsel çalışma olması kavramın ve sürdürülebilirlik olgusunun ne kadar karmaşık ve esnek bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Brand, 2003).

Ekolojik ilkelere uygun olmayan bilinçsiz enerji tüketimi çevre problemlerinin temelini oluşturmaktadır. Oluşan bu problem sonucu bina ve kent ölçeğinde, mevcut ekolojik düzeni bozmayacak yeni enerji sistemleri arayışı ortaya çıkmıştır. Mimarlık pratiğinde özellikle 20.yüzyılın son çeyreğinden bu yana sürdürülebilirlik kavramıyla doğrudan bağlantılı, ekolojist ve çevre bilinci yüksek olarak tanımlanabilecek mimari yönelimler ortaya çıkmıştır. Gelişen teknolojinin sürdürülebilir mimariye katkıda bulunması amacıyla yeniden işlevlendirerek, gelişmiş teknik araçlar ile mevcut çevre koşullarına saygılı tasarımlar hedeflenmektedir (Göksal, 2003).

Sürdürülebilirlik ve mimarlık ortaklığına dair bir başka çalışma ise sürdürülebilir yerleşim oluşturmanın genel prensiplerinin sistematize edilebilmesi için McDonough (1992) tarafından ‘‘Hannover Prensipleri’’ başlığı altında 9 madde ile ele alınmıştır. Bu maddeler tablo 2.7’de şu şekilde özetlenebilir; (McDonough, 1992)

Tablo 3.1: Hannover Prensipleri (McDonough, 1992)

Maddde	Tanım
İnsanlığın ve doğanın bir arada yaşama haklarında ısrarcı olmak	İnsan ve doğa arasındaki dengenin, sağlıklı, destekleyici, çeşitlilik içeren ve sürdürülebilir bir tasarım içerisinde korunmasını sağlamak
Karşılıklı bağımlılığı tanımak	İnsana ait tasarım elemanları, doğal dünyaya bağlı olacak biçimde, her ölçekte karşılıklı etkileşim içindedir
Ruh ve madde arasındaki ilişkiye saygı göstermek	İnsan yerleşimlerinin tüm yönlerini kapsayacak şekilde mevcut ve gelişen bağlantılar açısından maddi ve manevi bilinç
Tasarım kararları ile meydana gelen sonuçların sorumluluğu kabullenmek	Tasarım kararlarının insan refahı ve yaşanabilirlik kriterleri üzerindeki etkilerini ve sonuçlarını kabul etme
Uzun vadeli değere sahip güvenli nesneler oluşturma	Gelecek nesillere yük oluşturabilecek ve potansiyel tehlike arz eden ürünlerin dikkatsizce oluşturulmasından dolayı meydana gelebilecek olumsuzlukların engellenmesi
Atık kavramının ortadan kaldırılması	Ürünlerin ve süreçlerin tüm yaşam döngüsünü değerlendirmek ve optimize ederek atıksız doğal sistemlere yaklaşmak
Doğal enerji akışına güvenmek	Enerjiyi uygun kullanım için insan dostu tasarımların, yaratıcı kuvvetlerini, sürekli güneş kazanımından verimli ve güvenli bir biçimde faydalanmak için doğal sistemlere benzer biçimde kullanması

Tablo 3.1 (Devam): Hannover Prensipleri (McDonough, 1992)

Maddde	Tanım
Tasarımın sınırlarını kavramak	İnsan dostu olmayan çözümler sonsuza kadar devam etmeyeceği gibi problemlerin kesin çözümü de değildir. Bu yüzden tasarımcılar doğayı bir model olarak kullanıp ona hükmetmek yerine alçakgönüllülükle uygulamalar yapmalıdır.
Bilgi paylaşımı yoluyla sürekli gelişim arayışı	Doğal süreçler ve insan aktivitesi arasındaki bütünleyici ilişkiyi yeniden kurmak ve ahlaki sorumluluk ile bağlantılı, uzun zamanlı, sürdürülebilir koşullarla ilişki içinde olan meslektaş, patron, üretici ve kullanıcı arasındaki doğrudan ve açık iletişimi cesaretlendirmek

Yukarda bahsi geçen maddeler, Uluslararası Mimarlar Birliği (UIA) tarafından, Amerikan Mimarlar Enstitüsü'nün (American Institute of Architects) (AIA) 1993 yılında Chicago'da düzenlediği Chicago Expo 93 Dünya Kongresi'nde benimsenmiştir. Gerçekleştirilen Dünya Mimarlar Kongresi sonrası malzeme ve sürdürülebilir yapım açısından önemli bir belge olarak görebileceğimiz Çevresel Kaynak Rehberi (Environmental Resource Guide) (ERG) yayınlanmıştır (Kımillı, 2006).

Amerika'da yapılan çalışmalara paralel olarak İngiltere'de ise İngiliz Yapı Araştırma Kurumu (United Kingdom-Building Research Establishment) (UK-BRE) tasarımcıları tarafından ekolojik tasarım konularında bilgilendirici değerlendirme metotları geliştirilmiştir. BRE'nin Çevresel Kaynak Rehberi (BRE's Environmental Assessment Method) (BREEAM) adıyla anılan bu sistemin ana kriterleri, ozon tabakasını korumaya yönelik malzeme kullanımı, enerji kullanımının çevreye olan etkisinin boyutları, iç mekan tasarım kalitesi, mevcut kaynakların korunumu ve verimli kullanımı, uygun arazi tercihi olup mimari ve çevre arasındaki ilişkileri tanımlayan bir değerlendirme sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Kımillı, 2006).

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir mimari kavramlarını birbiriyle ilişkili olarak ele alan CIB ve UNEP-IETC'nin "Agenda 21 for sustainable construction in developing countries" adlı yayınında sürdürülebilir yapımın tanımı yapılmıştır. Bu tanıma göre sürdürülebilir yapım, binaların ve altyapıların tasarım aşamasından başlayarak planlanıp inşa edilmeleri, kullanım esnasında ve kullanım sonrası binaların ve altyapıların sökümü (deconstruction) ve ortaya çıkan atıkların yönetimine ve geri dönüştürülmesine kadar olan geniş kapsamlı yapım döngüsüne sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin de uygulanması anlamına gelmektedir (CIB & UNEP-IETC, 2002).

Mimarlık ve yapım sektörünün sürdürülebilirlik olgusuna bakış açısı kavramın ortaya çıktığı günden bu yana sürekli değişime uğramıştır. İlk başlarda odak noktası enerji ve tükenbilir enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması gerekliliği ile doğal çevreye olan olumsuz etkinin azaltılma çabası olmuştur. 1990'lı yıllara geldiğimizde odak noktası daha teknik konulara kaymış olup, malzeme, yapı bileşenleri, yapı teknolojileri ve tasarımda enerji kullanımı gibi konulara yoğunlaşmıştır. Takip eden dönemde ise teknik olmayan konuların önemi anlaşılmış ve sürdürülebilir yapım için ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik kavramları dikkate alınmıştır. Son dönemde ise kültürel mirasın da önem kazanması ile birlikte kültürel konular da dikkate alınarak sürdürülebilir yapımda kendisine önemli yer bulan başlıklar olarak gündeme gelmiştir (CIB, 1999).

3.2 Sürdürülebilir Yapım

Yakın döneme kadar kullanılan ve günümüzde de yüksek oranda kullanılmaya devam edilen geleneksel yapım yöntemlerini incelediğimizde kullanıcıyı dış etmenlerden koruyan, tasarım ve kullanım aşamaları planlanan, dünya genelinde enerji tüketiminin büyük bir çoğunluğunu kapsayan ve bulunduğu çevreye yapım aşamasından başlayarak kullanım ve yıkım aşamaları da dahil olmak üzere yapı yaşam döngüsü süresince olumsuz etki gösteren yapım anlayışının hakim olduğunu görmekteyiz.

Sürdürülebilirlik kavramının mimarlık pratiğine dahil olmasıyla birlikte dünya genelinde meydana gelen çevre sorunları ve enerji kaynaklarının bilinçsiz tüketimi sonrası tükenibilme ihtimalinin anlaşılması ile geleneksel yapım anlayışı sorgulanmış ve yeni yöntem arayışları oluşmuştur.

Sürdürülebilir yapım olgusu, yapı yaşam döngüsü boyunca sürece dahil olan tüm paydaşlar tarafından, yapı yerleşiminin planlanması, tasarım aşaması, malzeme seçimi, üretim ve inşa süreci, yapım esnasında ihtiyaç duyulan kaynak kullanımı ve bu zaman zarfında ortaya çıkan atıkların yönetiminde sürdürülebilir kalkınma ilkelerinden yola çıkarak oluşturulan sürdürülebilir yapım ilkelerinin uygulanması anlamına gelmektedir (Hoşkara, 2007).

Geleneksel yapım yöntemlerine karşı başlatılan yeni arayışlar sonucu sadece tasarım ve yapım aşamalarını düşünmek yerine tüm yapı yaşam döngüsü planlanan, çevre dostu (eco-friendly), enerji kullanımı az veya kullandığı enerjiyi geri dönüştürülebilir enerji kaynaklarından faydalanarak gelişen teknolojiyle birlikte modern yapım sistemleri aracılığıyla kendi bünyesinde üretebilen yapılar mimarlık ve tasarım sektöründe revaçta olan yapılardır. Temel odak noktası olarak verimli ve doğru enerji kullanımına odaklanan

sürdürülebilir yapıım anlayışı için şu kıstaslar öne çıkmaktadır; (Özbalta & Çakmanus, 2008)

- ✓ Doğru konumlanma ile enerji tasarrufu
- ✓ Yapı cephelerinde optimize edilmiş enerji kullanımı ile ısıtma ve soğutma yüklerinin minimuma indirilmesi
- ✓ Yapı yaşam döngüsü boyunca maliyet analizleri ile HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) sistemlerinin optimize edilmesi
- ✓ Yapı yaşam döngüsü analizlerine uygun tasarım süreci
- ✓ İç ortam kalitesinin maksimum verimli olmasını amaçlayan yapı tasarımı
- ✓ Yapıda kullanılan sistemlerin işletme ve bakım yönünden kolay olması
- ✓ Projelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması
- ✓ Pasif ve mekanik yöntemler aracılığı ile bina kütleğinde ısı depolanması
- ✓ Yapı kabuğundan kaynaklanan olumsuz ısı kayıp ve kazançlarının minimuma indirilmesi
- ✓ İklim koşullarını göz önünde bulunduran tasarım (Dış ortam sıcaklığı, yağış oranı, nem yüzdesi, hava kalitesi, güneşlenme alanları, rüzgar kuvveti ve yönü vs.)
- ✓ Toprak kalitesi
- ✓ Temiz su kaynakları
- ✓ Doğal havalandırma imkanı
- ✓ Daha az enerji tüketen soğutma sistemlerinin tercih edilmesi (Güneş enerjisi veya atık ısı destekli absorpsiyonlu sistemler)
- ✓ Güneş kolektörleri kullanarak sıcak ve soğuk su temini
- ✓ Fotovoltaik panel (Güneş pili) kullanımı ile elektrik enerjisi elde etme
- ✓ Doğal aydınlatma olanağından faydalanma
- ✓ Çift cam cephe sistemleri ve dış gölgelik uygulamalarının kullanılması
- ✓ İç mekan hava kalitesini arttırmaya yönelik stratejilerin uygulanması

- ✓ Su tüketimini azaltmaya yönelik önlemler alınması (Yağmur suyundan yararlanma, soğutma kulesi, klima santralleri, gri suyun arıtılarak tekrar kullanılması vs.)

Yukarıdaki maddeler sürdürülebilir yapım açısından başlıca kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Geleneksel yapım sistemlerine karşın sürdürülebilir yapım yöntemlerini temsil eden sürdürülebilir mimarlık anlayışını inceleyecek olursak, birbirine bağlı ve birbirini destekleyen 5 alt başlık karşımıza çıkacaktır. Ekolojik, sosyal, ekonomik, kültürel ve teknolojik olarak karşımıza çıkan bu alt başlıkları açıklayacak olursak; (Kıymılı, 2006)

Ekolojik Sürdürülebilirlik

Kentleri ve kent birimlerini oluşturan yapıları tasarım aşamasında planlamaya başlayarak yapım, kullanım ve yıkım evrelerinin tamamında doğal kaynaklara yönelik olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve mevcut doğal çevreye uyumlu tasarlanmasıdır (Çubuk, 1993).

Sosyal Sürdürülebilirlik

Yapay çevre ve yapılaşmış alanların, kentlerin ve kent birimlerinin toplumsal katılımı desteklemesi ve dayanışma olgusunu kuvvetlendirecek organizasyonla bütünüdür (İslam, 1996).

Ekonomik Sürdürülebilirlik

Kentlerin ve kent birimlerinin kullanıcı temel ihtiyaçlarını ekonomik açıdan karşılayabilme koşulları olarak tanımlanabilir (İslam, 1996).

Kültürel Sürdürülebilirlik

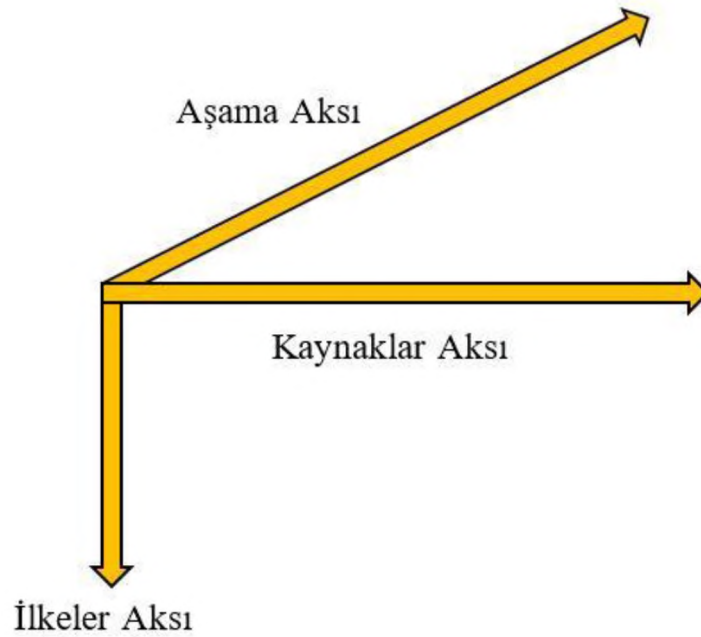
Geçmiş dönemlerden günümüze kadar taşınan ve kültürel sürekliliği sağlayan kentlerin ve kent birimlerinin aktarımlarını somutlaştıran ve kültürel değerlerin korunmasını amaçlayan sürdürülebilirlik başlığıdır (Kıymılı, 2006).

Teknolojik Sürdürülebilirlik

Kentlerin ve kentleri oluşturan yapı birimlerinin tasarım ve yapım sürecinde etkin enerjilerden faydalanarak, sağlıklı üretim kalıplarını kullanarak, ekonomik açıdan uygun, yaygın ve kolay uygulanabilir teknolojik gelişmeleri göz önünde bulundurarak üretim yapma anlayışıdır (Crowther, 1992).

Teknolojik gelişmeler ile birlikte günden güne değişen ve artan kullanıcı talepleri doğrultusunda tükenebilir doğal enerji kaynaklarının bilinçsiz kullanımı, gelecek nesillere kaynak sağlama gereksinimi açısından riskli seviyelere ulaşmıştır. Bu riskli durum neticesinde kaynak kullanımında önemli bir paya sahip olan yapım sektörü de yeni yöntem arayışlarına girmiştir. Sürdürülebilirlik kavramının yapım sektörüne entegre edilmesi doğrultusunda geliştirilen yöntemler, yapıların proje aşamasından başlayarak sürdürülebilirlik çerçevesinde tasarlanması gerekliliğini ortaya koymuştur. Sürdürülebilir bir yapı için; tasarım aşaması, yapı ve kullanım süreci ile kullanım sonrası yıkım evrelerinin tamamını kapsayacak şekilde düşük bütçeli, kolay ulaşılabilir malzeme kullanımı ve çevreye uyumlu yapı kriterlerini göz önünde bulundurarak ekonomik, sosyal ve çevresel koşulları dikkate alan kapsamlı bir çalışma gerekmektedir (Kibert, 1994).

Sürdürülebilir yapının basit ve herkes tarafından anlaşılabilir bir modelini oluşturabilmek için sürdürülebilirlik ilkelerinin kaynak ve zaman boyutuyla birleştirilmesi gerektiğini söyleyen Kibert (1994) Şekil 3.1’de gösterildiği gibi kavramsal bir model oluşturmuştur.

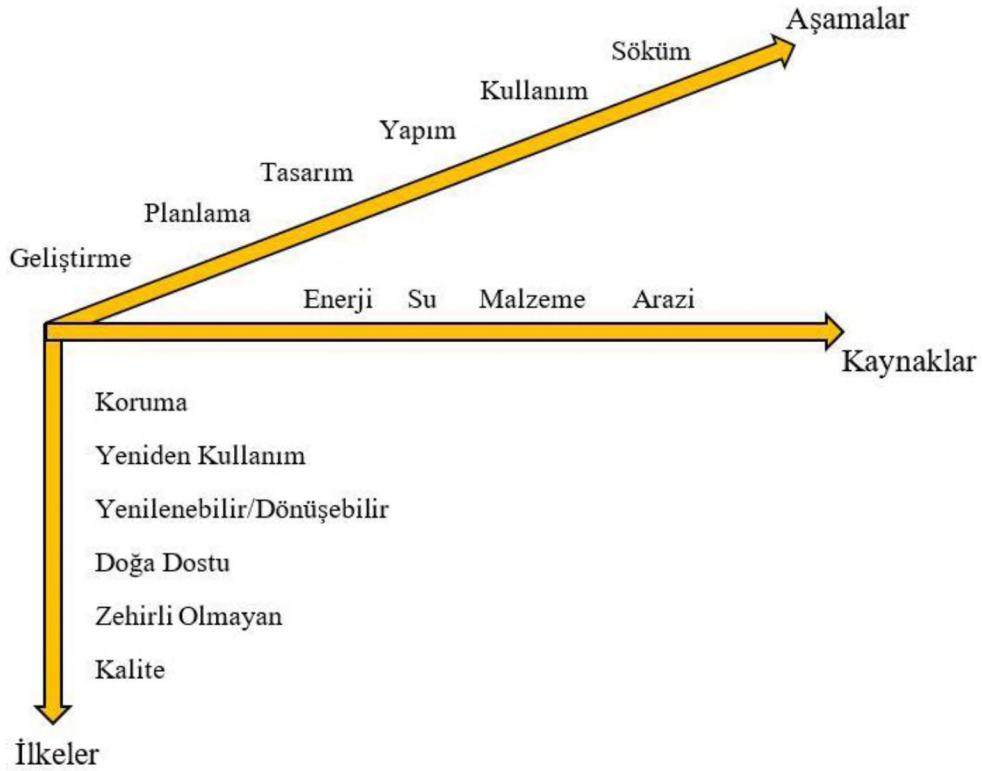


Şekil 3.1: Sürdürülebilir yapı için basitleştirilmiş kavramsal model (Kibert, 1994)

Landman (1999) sürdürülebilir yapıyı, etkin malzeme ve metot seçimi yoluyla verimli malzeme kullanımı, çevrenin korunumu ile çalışan işçi, yapının kullanıcısı, toplumun geneli ve hatta gelecek nesillerin ortak sağlığını önemseyerek tasarımların planlanması ve inşa edilmesi olarak tanımlamaktadır (Landman, 1999).

Sürdürülebilir kalkınma ve gelişimin bir parçası olarak görebileceğimiz sürdürülebilir yapım anlayışı, kullanıcı refahını ve yaşam kalitesini arttırmayı hedefleyen yapıların değerini ortaya koyan, gelişen teknoloji ile değişen kullanıcı taleplerini karşılayabilecek esnekliğe sahip, doğal ve mevcut çevreye saygılı, sosyal yaşantıyı destekleyen ve geleneksel yapım yöntemlerinin aksine tükenbilir kaynakların bilinçli ve etkin kullanımını amaçlayan anlayış olarak tanımlanabilir (Raynsford, 2000).

Sürdürülebilir yapımın daha iyi anlaşılabilmesi için sürdürülebilir yapım ilkelerini yapım aşamalarını belirten zaman aksı ve yapı girdilerini temsil eden kaynaklar aksıyla birleştiren Kibert'in (1994) kavramsal modeli Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Kibert tarafından ortaya konan modelden yola çıkarak sürdürülebilir yapımın detaylı kavramsal modelinin zaman, kaynak ve ilkeler akslarına ek olarak yapım yöntemleri de aşağıda bulunan alt başlıklarda incelenmiştir.



Şekil 3.2: Sürdürülebilir yapım için detaylı kavramsal model (Kibert, 1994)

3.2.1 Sürdürülebilir Yapım Aşamaları

Geleneksel yöntemlere ek olarak sürdürülebilir yapım ilkelerinin de dahil olduğu sürdürülebilir yapım anlayışında yapının başlangıçtan yıkım evresine kadar geçen zamanın tamamını kapsayan yapı yaşam döngüsünü bir bütün olarak ele alıp sürecin tamamını daha tasarım aşamasında planlanması gerektiği görüşü savunulmaktadır.

Maliyet ve zaman başlıklarına odaklanan geleneksel yapıma ilave olarak bilinçsiz kaynak tüketiminin minimuma indirilmesi, mevcut doğal çevrenin maruz kaldığı olumsuz etkileri ortadan kaldırmak, doğru ve sağlıklı yapılaşmış çevre oluşturma hedefi sürdürülebilir yapım anlayışının temel odak noktasıdır (Kibert, 1994).

Geleneksel ve sürdürülebilir olmak üzere kıyaslayabileceğimiz iki farklı yapım anlayışı arasındaki farkları incelediğimizde, yaşam süreci değerlendirmesi (Life Cycle Assessment-LCA) yaklaşımı karşımıza çıkmaktadır. Yaşam süreci değerlendirmesi olarak adlandırılan bu yaklaşım yapının yaşam döngüsü boyunca sisteme dahil olan her türlü girdilerinin, çıktılarının ve mevcut çevreye olan etkilerinin tespit edilerek değerlendirilmesi olarak tanımlanabilir (Walsh, 2002) (Türker, 2021).

Yaşam dönemi değerlendirmesi yaklaşımı ile yapıların, yaşam döngüsü süresince farklı aşamalarında çevre ile olan etkileşim sonucu ortaya çıkan etkileri belirlenmektedir. Yaşam dönemi değerlendirmesi anlayışının en önemli özelliği, binanın içinde bulunduğu çevreye olan etkilerini tespit ederken, tasarım aşamasından yıkım sonrası ortaya çıkan atıkların imha edilmesine kadar olan dönemi bir bütün olarak kabul ederek tüm aşamaları göz önünde bulundurması olarak karşımıza çıkmaktadır (Macazoma, 2001).

Yaşam dönemi değerlendirmesi anlayışını, yapı yaşam döngüsü süresince bir ürün ve/veya hizmet sistemine dahil olan her türlü girdinin, çıktının ve olası çevresel etkilerin dikkate alınıp değerlendirilmesi olarak tanımlayan Walsh'a (2002) göre, bir yapının yaşam döngüsü süreci on bölüme ayrılmaktadır. Bu bölümleri maddeler halinde inceleyecek olursak; (Hoşkara, 2007)

- ✓ Müşteri tarafından dile getirilen talepler ve gereksinimler
- ✓ Kısa planlama ve binaya yönelik performans şartnamesi
- ✓ Mevcut arazi ve arsa değerlendirmesi
- ✓ Tasarım aşaması
- ✓ Yapım öncesi hazırlık
- ✓ Yapım dönemi
- ✓ İlk yaşam "Early life" olarak da adlandırabileceğimiz yapının ilk kullanım yönetim ve bakım evrelerinin bulunduğu dönem
- ✓ Yapı kullanım esnasında meydana gelen yenileme, iyileştirme, değiştirme ve uyarılama evrelerini kapsayan orta yaş "Middle age" dönemi

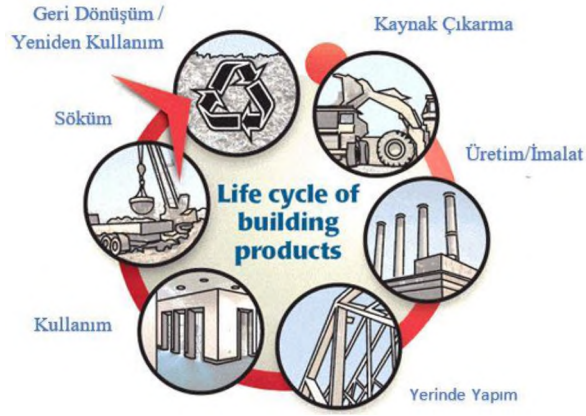
- ✓ Söküm veya yıkım dönemi (de-construction)
- ✓ Yıkım sonrası meydana gelen atık oluşumunun imha edilme evresi (disposal)

Sürdürülebilir yapının daha iyi anlaşılabilmesi için ‘‘Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction’’ adlı çalışmasında zaman ve kaynak akılarına ek olarak sürdürülebilirlik ilkelerinin de ilave edilmesini söyleyen Kibert (1994) yapım sürecini temsil eden zaman akısını altı basamağa ayırmaktadır. Bu basamaklar; (Kibert, 1994)

- ✓ Gelişim evresi
- ✓ Plan evresi
- ✓ Tasarım evresi
- ✓ Yapım evresi
- ✓ Kullanım evresi (Yenileme ve iyileştirme evreleri de dahil)
- ✓ Söküm veya yıkım evresi

Yapı yaşam döngüsü veya yaşam dönemi değerlendirmesi (Life Cycle Assessment-LCA) anlayışı ile yapıda kullanılacak hammaddelerin elde edilmesinden başlayarak yapının üretim aşaması, kullanım aşaması, söküm veya yıkım aşaması ile geri dönüştürülme evrelerine kadar olan sürecin tamamı kapsamaktadır. Yakın tarihe kadar uygulanan yapım anlayışında çevresel konular göz ardı edilirken tasarım, yapım, kullanım, yıkım gibi yapı evreleri kendi içerisinde dolanımına sahip olmadığı için bir sürekliliğe sahip değildi. Özellikle hammaddelerin toplanması ve işlenmesi ve atık sürecinin göz ardı edilmesi gibi konularda bilgi eksikliği mevcuttur. Bu anlayışa karşın doğadan başlayarak tekrar doğaya dönen sürdürülebilir yapım sürecini anlatan döngü fikri ortaya çıkmıştır.

Bir yapının oluşturulabilmesi için doğal kaynaklarının toplanması, işlenmesi, nakliyesinden başlayarak yapının üretimi, kullanımı, yıkımı ve tekrar doğaya dönüştürülmesine binanın yaşam döngüsü denmektedir. Yakın geçmişte binanın yaşam döngüsü tanımı sadece tasarım, inşaat, kullanım–bakım ve yıkım aşaması olarak ele alınmıştır. Kendi içinde bir dolanım içermeyen bu model, çevresel konulara değinmesi bakımından eksik kalmıştır. Özellikle malzemelerin toplanması, işlenmesi ve atıkların ne yapılabileceği konularında yeterli bilgi verilmemektedir. Doğadan başlayarak, yine doğaya dönen bu döngüyü anlatan şema Şekil 3.3’te gösterilmiştir (Yorgancıoğlu, 2004).

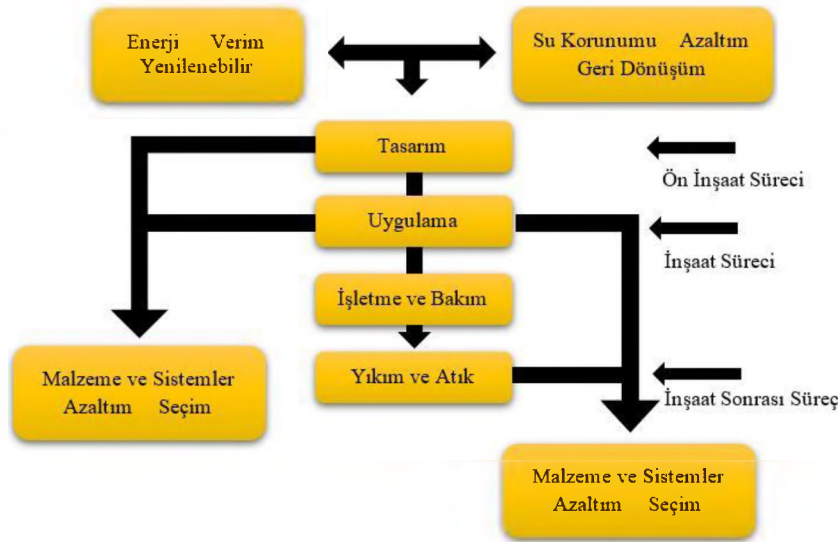


Şekil 3.3: Yapı yaşam döngüsü şeması (Killough, 2014)

Yapı yaşam döngüsü zincirini açıklamak için kullanılan Şekil 3.3'teki şemayı incelediğimizde karşımıza çıkan aşamalar şu şekildedir; (Yorgancıoğlu, 2004)

- ✓ **Kaynak Çıkarma:** Yapım için kullanılacak olan hammaddenin doğadan temin edilerek üretim sistemlerine getirilmesi
- ✓ **Üretim / İmalat:** Doğadan temin edilen hammaddenin endüstriyel tesisler veya insan gücü aracılığıyla çeşitli üretim süreçlerinden geçerek yapım için kullanılabilir hale getirilmesi
- ✓ **Yapım:** Temin edilen ve belirli üretim süreçlerinden geçen malzemelerin inşaat alanına getirilerek tasarıma uygun biçimde kurulması veya kullanılması
- ✓ **Kullanım:** Yapı tamamlandıktan sonra kullanıcılar tarafından yapının kullanıldığı evre
- ✓ **Söküm / Yıkım:** Kullanılan yapının zamanla fiziksel bozulmalara uğraması veya değişen kullanıcı taleplerine karşılık istenen işlevleri artık yerine getirememesi durumunda yapının sökülmesi veya yıkılması
- ✓ **Geri Dönüşüm:** Yıkılan veya sökülen yapılardan sonra meydana gelen atıkların geri dönüşüme kazandırılması veya yeniden kullanımının sağlanması

Langmaid (2004) yaptığı çalışma ile yapı yaşam döngüsünü tanımlayacak şekilde Şekil 3.4'te binalar için ömür boyu akış şemasını oluşturmuştur (Langmaid, 2004) (Türker, 2021).



Şekil 3.4: Yapılar için ömür boyu akış şeması (Langmaid, 2004); (Türker, 2021)

3.2.2 Sürdürülebilir Yapımda Kaynak Kullanımı

Dünya genelinde elde edilen hammaddelerin büyük bir çoğunluğu yapı endüstrisinde kullanılmaktadır. Yapım süreci boyunca çeşitli ürün, yapı ve yapı alanlarının tasarım, üretim, inşa ve kullanım gibi evrelerin tamamında çeşitli kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır (Hoşkara, 2007).

Yapıyı oluşturmak üzere doğadan temin edilen, işlenen veya farklı sektörlerden temin edilerek kullanılan bu kaynaklar bir başka tanımlamayla girdiler, yapı yaşam döngüsü sürecinde işlevini tamamlayan yapıların ardından çıktıları oluşturmaktadır. Yapı yaşam döngüsü boyunca girdileri ve çıktıları oluşturan kaynaklar sürekli dönüşüm halindedir. Kullanılan hammaddenin doğadan temin edilmesi ve işlenmesiyle başlayan süreç yapı faydalı ömrünü tamamladıktan sonra yıkılması ile ortaya çıkardığı atıkların geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılması ile tamamlanıp akışa devam etmektedir (Sev, 2009). Yapı endüstrisinde yapım süreci boyunca karşılaşılabileceğimiz girdiler ve çıktıları Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Yapı endüstrisinde girdiler ve çıktılar (Sev, 2009)

Yapım sektörünün ihtiyaç duyduğu kaynaklar sektörün dışındaki sermayelerden elde edilmektedir. İhtiyaç sonucu oluşan kaynak gereksinimi kimi zaman sektörün bulunduğu ülkedeki sermaye zenginliklerinden karşılanırken kimi zaman da koşullara bağlı olarak ülke dışından karşılanabilir. Bununla birlikte gereksinim duyduğu bazı kaynakları kendi bünyesinden karşılayan yapım sektörü de sahip olduğu varlıklar ile kendi sermayesini oluşturmaktadır (Hoşkara, 2007).

Kaynak zenginliğini ölçmek üzere çalışmalar yapan CIB ve UNEP-IETC'nin (2002) sunduğu raporda 4 çeşit sermaye tanımlanmıştır. Bu sermayeler;

- ✓ **Doğal Sermaye:** İnsan kullanımı için mevcut biyofiziksel çevre tarafından karşılanan doğal kaynaklar
- ✓ **İnsan Sermayesi:** İnsanlar tarafından karşılanan iş gücü, eğitim, yetenek, akıl, kültürel birikim ve organizasyon
- ✓ **Üretilmiş Sermaye:** Yapı ve altyapı sistemleri, ürünler, bilgi içerikli kaynaklar
- ✓ **Mali Sermaye:** Nakit para, yatırım, finans, kredi ve ekonomik araçlar

Yapılan bir başka çalışmada ise ihtiyaç duyulan kaynakların temin edilmesi ve kullanıcı yaşam kalitesini geliştirmek için DTI (2004) tarafından sunulan rapor ile beş sermaye modeli olarak da adlandırılan sürdürülebilir sermaye modelleri tanımlanmaktadır (DTI, 2004). Bu sermayeler;

- ✓ **Doğal Sermaye:** Üretimde kullanımına ihtiyaç duyulan malzemeler ve hizmetler ile birlikte herhangi bir enerji akışıyla birlikte olası enerji stokunu kapsayan bu sermaye türü aynı zamanda yapım sonrası oluşan atıkları absorbe etmek, etkisiz hale getirmek ve/veya geri dönüştürmek için gerekli alanları, süreçleri ve mevcut iklim olanaklarını da bünyesinde barındırır.
- ✓ **İnsan Sermayesi:** Kullanıcı sağlığı, bilgi, beceri/kabiliyet ve üretkenlik gibi iş için gerekli tüm gereksinimleri kapsayan bu sermaye aynı zamanda eğitim yolu ile insan sermayesinin büyüüp genişletilmesini hedefleyerek ekonomik büyümeyi hedeflemektedir.
- ✓ **Toplumsal Sermaye:** Aileler, işletmeler, ticari kuruluşlar ve birlikler, eğitim kurumları, gönüllülük esaslı kuruluşlar gibi toplumsal ortaklık içinde insan sermayesinin korunmasını ve geliştirilmesini hedefleyen sermaye türüdür.
- ✓ **Üretilmiş Sermaye:** Bu sermaye türü üretim sürecine katkıda bulunan aletler, makineler ve yapılar gibi maddi gereçler ve sabit değerleri kapsamaktadır.
- ✓ **Mali Sermaye:** Farklı sermaye türlerinin sahiplenilmesine ve ticaret yapılmasına olanak sağlayan bu sermaye türü diğerlerinden farklı olarak öz değere sahip olmamakla birlikte örneğin hisse senedi veya banknot gibi doğal, insani, sosyal veya üretilmiş sermayenin temsilcisi konumundadır.

DTI (2004) yaptığı çalışmalar doğrultusunda oluşturduğu ve yukarıda belirtilen beş sermaye modeli üzerinden yola çıkarak doğal varlıklar, insan sermayesi ve toplumsal sermaye stoklarının bilinçsizce ve hızla tüketildiği sonucuna ulaşmıştır. Bilinçsiz tüketimin devam etmesi ve kontrol edilmemesi durumunda ise bu sermayelerin gelecek nesiller açısından sürdürülemez olduğunu öne sürmektedir. Bu sebeple mevcut sermaye birikimleri korunarak ve stokları artırılarak, mevcut sermayeyi riske atmadan günümüz ihtiyaçları karşılanmalıdır. Gelecek nesillerin refahı için yukarıda belirtilen ve riskli durumda olan sermayeler sürdürülebilir bir şekilde yönetilmelidir çünkü DTI'nın (2004) yaptığı çalışmaya göre sürdürülebilir kalkınma sabit varlıkların ve sermayelerin yönetilmesi için en doğru yöntemdir (DTI, 2004).

Hoşkara (2007) bu ve benzeri çalışmalar doğrultusunda yapım sektöründe üretim, yapım ve hizmet aşamalarında gereksinim duyulan sermayelerden kapsamına yönelik tedarik edilebilecek kaynakları şu şekilde sıralamıştır; (Hoşkara, 2007)

- ✓ **Doğal Kaynaklar:** Yapım yaşam döngüsü boyunca gerekli enerji, su, malzeme, arazi vs.
- ✓ **İnsan Kaynakları:** Yapının tasarım, üretim, yapım, kullanım, finans ve yıkım evrelerinde bulunan tüm paydaşlar (Mal sahibi, kullanıcı, yatırımcı, tasarımcı, işçi vb.)
- ✓ **Üretilmiş Kaynaklar:** Yapı yaşam döngüsü boyunca tasarımcıdan kullanıcıya kadar her aşamada ihtiyaç duyulan her türlü araç, alet, teknolojik gereksinim, yazılım, donanım, istatistiki bilgiler vs.
- ✓ **Mali Kaynaklar:** Diğer sermaye kaynaklarına sahip olmak için gereksinim duyulan, finansmanlar, yatırımcılar, parasal sermayeler ve kredi seçenekleri gibi ekonomik kaynaklar

3.2.3 Sürdürülebilir Yapım İlkeleri

İnsanlık tarihi boyunca barınma amaçlı yapılar başta olmak üzere bir yapının önceliği kullanıcıyı doğrudan veya dolaylı yollarla doğanın ve doğal çevrenin zararlı etkilerinden korumak olmuştur. Modern mimarlık anlayışında ise kullanıcıyı sadece dış etmenlerden koruyan yapı yerine bulunduğu çevre ile uyumlu, gereksiz enerji ve kaynak tüketiminden kaçınan ve gerektiğinde dış etmenlerden faydalanarak kendi enerjisini üretebilen yapı anlayışı hedeflenmektedir. Gelecek nesillere elverişli koşullar bırakabilmek açısından yapılacak planlama için malzeme seçimi, doğru kaynak kullanımı ve toplumsal bilinç gibi başlıklar önemli yer tutmaktadır.

Sürdürülebilir, ekolojik, çevre dostu gibi tanımlarla da ifade edilebilen sürdürülebilir yapım anlayışı, uygulama yapılacak arazinin doğru kullanımından başlayarak, yapı yaşam döngüsü evrelerinin tamamı bir bütün olarak ele alınarak, çevresel, ekonomik ve sosyal gibi alt başlıklar göz önünde bulundurularak tasarlanıp, iklimsel verilere ve mevcut çevreye uygun, ihtiyaç doğrultusunda enerji üretilip fazla üretimi stoklayan, aktif şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanan, yapı kullanım sonrası atık üretimini sıfırlayan ya da geri dönüştürülebilir atıklar oluşturan, ekosistemlere ve doğal çevreye duyarlı sürdürülebilir yapılar meydana getirme hedefi olarak da tanımlanabilir (Sur, 2012) (Türker, 2021).

Sürdürülebilir yapımın basit ve herkes tarafından anlaşılabilir bir modelini oluşturabilmek için sürdürülebilirlik ilkelerinin kaynak ve zaman boyutuyla birleştirilmesi gerektiğini

söyleyen Kibert (1994) sürdürülebilir yapım ilkelerini şu şekilde belirlemiştir; (Kibert, 1994)

- ✓ Kaynak tüketimini en az seviyeye indirmek (Koruma)
- ✓ Maksimum seviyede kaynak geri dönüşümünü sağlamak (Yeniden Kullanım)
- ✓ Yenilenebilen veya dönüştürülebilen kaynak tercihi
- ✓ Mevcut doğayı koruma
- ✓ Sağlıklı yapılı çevre oluşturma (Zararlı madde içermeme)
- ✓ Yapılı çevreyi oluşturmada sürdürülebilir kaliteyi sağlama (Kalite korunumu)

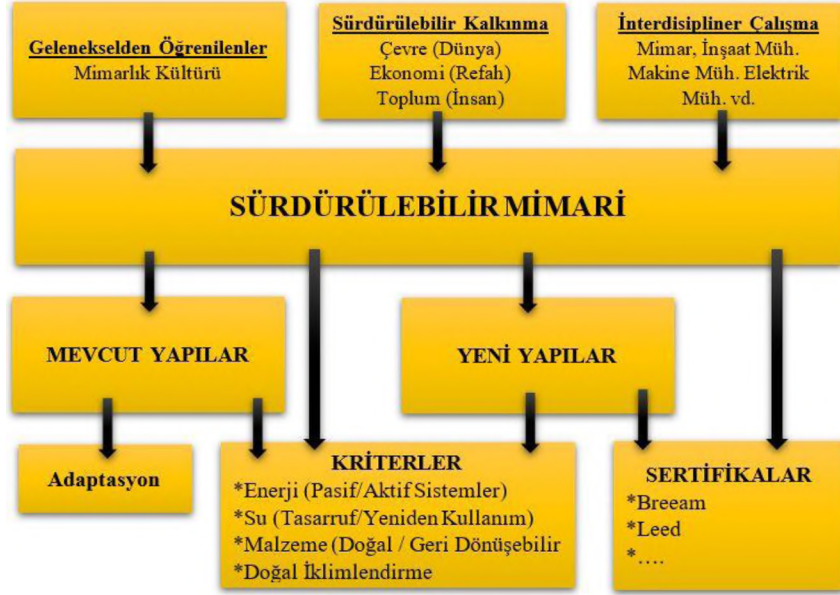
Sürdürülebilir yapım anlayışıyla tasarlanan yapılar, doğa ve kullanıcı birlikteliğini olumlu ölçüde sağlamak, mevcut doğal çevreye saygılı, fiziksel ve psikolojik anlamda kullanıcı sağlığını gözetken, verimli yapı tasarımı hedefleyen, bilinçli tüketilebilir kaynak kullanımı ve geri dönüşümü amaçlayan, yapı yaşam döngüsü süresince oluşabilecek olumsuz çevresel etkileri minimuma indirmek gibi ilkeler doğrultusunda tasarlanmaktadır (Kıncay, 2014).

1972 yılında düzenlenen Birleşmiş Milletler Stockholm toplantısı ile birlikte ilk kez sürdürülebilir yaşam alanlarının oluşturulması gerekliliği konuşulmuştur. Takip eden dönemde gerçekleştirilen BM toplantıları sonucunda sürdürülebilir yapım anlayışı kapsamında benimsenen ilkeler şu şekildedir; (Yılmaz, 2020)

- ✓ Yapılarda sağlıklı iç mekânlar
- ✓ Verimli kaynak kullanımı
- ✓ Ekolojik açıdan çevreye zararsız malzeme seçimi
- ✓ Mevcut çevreye uyum
- ✓ Doğru tasarım

Pitts'e (2004) göre sürdürülebilir yapım odaklı tasarım anlayışının doğru uygulanabilmesi açısından iki ana başlık ön plana çıkmaktadır. "Greenwash" başlığı ile yeşil alan ile bütünleştirilmiş tasarım önerisi ön plana çıkarılırken, "Brownwash" başlığı ile de mevcut yerleşim alanında geçmişe saygılı tasarım önerisi ön plana çıkarılmıştır. Bu başlıklardan yola çıkarak yapım aşamasında mevcut durumda bulunan ile yeni yapılacak olanın ilişkisi doğru kurulmalı ve birbirini desteklemelidir (Pitts, 2004).

Sürdürülebilir mimariyi insan ve çevre olgularının merkezine koyan Özorhon (2013) sürdürülebilir mimari kavramının önemine vurgu yapmak ve kavramın anlaşılabilmesini sağlamak için sürdürülebilirlik ve mimarlık arasındaki dinamik ilişkileri ve bileşenleri Şekil 3.6’da aktarmıştır.



Şekil 3.6: Sürdürülebilir Mimarlık Bileşenleri (Özorhon, 2013)

Kim ve Rigdon’a (1998) göre sürdürülebilir mimari kavramı üç temel ilke çerçevesinde tanımlanabilir. Bu ilkeler: kaynakların korunumu, yaşam döngüsü tasarımı ve insan için tasarım şeklinde sıralanırken ilkelerin her biri de kendi içinde birçok strateji ve yöntemi barındırmaktadır (Kim & Rigdon, 1998). Bu ilkeler doğrultusunda yapılacak sürdürülebilir mimari çalışmalar, tasarım ve yapım aşamalarından başlayarak yapı yaşam döngüsü boyunca tüketilecek olan enerjinin korunumu için önlemler almalı, mekan içindeki konfor ve sağlık şartlarını düzenlemeli, geri dönüştürülebilir ve çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemeleri kullanma sorumluluğunu üzerinde taşımalıdır (Ateş Can & Kurtoğlu, 2017).

Sürdürülebilirlik ve mimarlık kavramlarının ortak paydası, insanların yaşam ve çalışma alanlarının çevresel, ekonomik ve sosyal kalitesini geliştirmek üzerine odaklanan 8 ilke ile tanımlanabilir. Bu ilkeler; (UIA & AIA, 1993)

- ✓ Uygun barınma koşullarını sağlamak
- ✓ Kentsel yerleşim yönetimlerini geliştirmek
- ✓ Sürdürülebilir arazi kullanımını desteklemek

- ✓ Çevresel mesajı desteklemek adına olanaklar yaratmak
- ✓ Enerji etkin teknoloji kullanımı
- ✓ Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilir sistemleri geliştirmek
- ✓ Doğal afetlere eğilimli toplumlar için plan oluşturmak
- ✓ Endüstri ile sürdürülebilir yapım sistemleri geliştirmek
- ✓ İnsan kaynakları gelişimi olarak sıralanabilir

Dünya genelinde mevcut doğal kaynakların tüketiminde önemli yüzdeye sahip olan yapım sektörü aynı zamanda insan eliyle gerçekleşen ve doğal çevreye yönelik olumsuz etkilerin önemli bir kısmını da bünyesinde bulundurmaktadır. Bu olumsuz etkiler doğrultusunda Uher (1999) yaptığı çalışmada, yapım sektörünün tasarım aşamasından yıkım/söküm aşamasına kadar olan tüm sürecinin yeniden düzenlenerek sektörün çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin önemli bir şekilde azaltılması gerektiğini söylemektedir. Uher'e (1999) göre yapım sektörünün çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için süreç içerisindeki bazı organizasyonlar üzerinde değişime gidilmelidir. Bu organizasyonlar; (Uher, 1999)

- ✓ Enerji Tüketimi
- ✓ CO₂ emisyonları
- ✓ Tükenebilir hammadde ve malzemelerin bilinçsiz kullanımı
- ✓ Su tüketimi
- ✓ Arazi kullanım prensipleri
- ✓ Toprağın verimliliğini düşürme
- ✓ Bilinçsiz atık üretimi

Uher (1999) tarafından yapılan çalışmada sürdürülebilir yapım anlayışının ve yapı sektörünün doğal çevreye ve doğal kaynaklara olan olumsuz etkileri dikkate alınarak sadece çevresel faktörlere değinilmiş olup yapım sektörünün ekonomik ve sosyal etkilerine değinilmemiştir.

Kubba (2010) yaptığı çalışmada, sürdürülebilir yapım anlayışıyla tasarlanan yapılarda dikkat edilecek hususları şu şekilde sıralamıştır; (Kubba, 2010)

- ✓ Ekolojik sürdürülebilirliği korumak amacıyla doğru arazi yerleşimi

- ✓ Karbon salınımını düşürmek amacıyla toplu taşıma sistemlerini teşvik etme
- ✓ Kullanıcı açısından sağlıklı ve konforlu mekanlar tasarlama gereksinimi
- ✓ İç ortam kalitesinin yükseltmek için doğal havalandırma sistemlerini kullanma
- ✓ Yapı konumuna ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu doğru malzeme seçimi
- ✓ Tükenebilir enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak
- ✓ Yapıyı bir bütün olarak kabul ederek tüm yapıda enerji verimliliğini sağlamak
- ✓ Kullanıcıya maddi anlamda geri dönüşler sağlayabilen yapı tasarlamak

Sürdürülebilir yapıım anlayışını, bugün ve gelecek adına, çevresel, sosyal ve ekonomik ölçekte kazançları hedefleyen yeni yapı anlayışı, bina tasarımları ve inovasyonlar olarak tanımlayan Foundations (2002), sürdürülebilir yapı kavramını sürdürülebilir kalkınma kapsamında, günümüz kullanıcılarının, gelecek nesillerin ve tüm canlıların hayat kalitesini arttırmak olarak açıklamaktadır. Bu tanımlamalar sürdürülebilir yapıım anlayışı için çevresel, ekonomik ve sosyal boyutların ayrılmaz bir bütün olarak kabul edilmesi gerekliliğini göstermektedir. Yapılan bu tanımlamalar ve çıkarımlar doğrultusunda Foundations (2002) sürdürülebilir yapıım anlayışının aşağıda belirtilen ilkeleri kapsadığını belirtmiştir. Bu ilkeler; (Foundations, 2002) ; (Hoşkara, 2007)

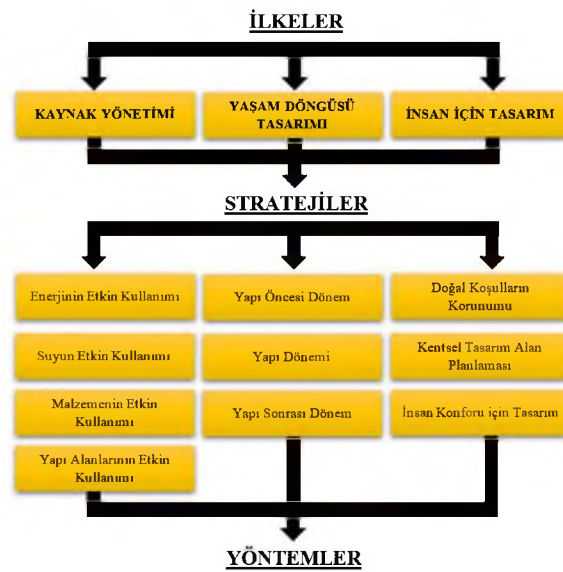
- ✓ **Arazi:** Uygulanacak olan yapılar bulunduğu mevcut doğal çevre ile uyumlu olarak konumlandırılmalıdır. Halihazırda bulunan doğal ve yapılı çevreye ölçek bazında uygun olmalıyken, mümkün mertebe var olan alanlar yeniden kullanılmalı ve mevcut ulaşım, iletişim ve altyapı gibi sistemlerden faydalanılmalıdır.
- ✓ **Malzemeler:** Yapım için gereksinim duyulan malzeme ihtiyacı için geri dönüştürülmüş, doğal ve yerel malzeme olanakları öncelikli olarak seçilmelidir.
- ✓ **Yapım Yöntemleri:** Yapı yaşam döngüsü boyunca tasarım aşamasından başlayarak yıkım/söküm evresine kadar olan yapı öncesi, yapı kullanım ve yapı sonrası evrelerin tamamında etkin enerji kullanımı, verimli su kullanımı, atık üretimi ve yönetimi gibi en son geliştirilmiş çevresel teknikler kullanılmalıdır.
- ✓ **Bilgi İletişim Teknolojileri:** Yapı tasarımı ile oluşturulacak şartnameler gereği, yapı kullanım dönemi ve sonrasındaki yıllar için bilgi iletişim teknoloji kapasitesinin en üst seviyeye çıkartılması hedeflenmektedir.

- ✓ **Toplum Katılımı:** Toplumu oluşturan paydaşların tamamı için meydana gelecek yapıların tasarımı ve planlanması açısından güvenli ve ulaşılabilir olduğu hakkında bilgilendirilmesi
- ✓ **Yerel Kaynaklar:** Yapının bulunduğu bölgenin yerel sermayesini desteklemek ve lojistik sektöründeki enerji kullanımını minimuma indirmek hedefiyle, yerel çalışan, eğitim, tasarım ve planlama kullanımı en üst seviyeye çekilmelidir.

İnsanlar ve tüm canlılarla birlikte inorganik ögeleri de bünyesinde barındıran küresel ekosistemin ve tüm canlı varlığının yaşamının sürdürülebilmesini garanti altına alacak çözümler üretmeyi hedefleyen sürdürülebilir yapım anlayışı üzerine çalışan Sev (2009), sürdürülebilir yapım ilkelerini 3 ana başlık altında toplamıştır.

- ✓ **Kaynak Yönetimi:** Yapıda gerekli girdileri oluşturan ve doğadan temin edilen kaynakların etkili biçimde ve yeniden kullanımı ile geri dönüştürülebilmesi esasına dayalı ilkedir.
- ✓ **Yaşam Döngüsü Tasarımı:** Tasarım aşamasından yıkım/söküm aşamasına kadar olan sürecin tamamını inceleyen ve olumsuz etkilerin analizini sağlamak üzere metodoloji geliştirmeyi hedefleyen ilkedir.
- ✓ **İnsan İçin Tasarım:** İnsan ve doğal çevre arasındaki ilişkiye dayalı ilkedir.

Bu ilkelerin her biri ise kendi bünyesinde alt başlıklar olarak bir takım yapım yöntemlerini barındırmaktadır. Bu ilkeler ve yapım yöntemleri Şekil 3.7’de gösterilirken sürdürülebilir yapım yöntemleri kısmında detaylı olarak incelenecektir.



Şekil 3.7: Sürdürülebilir yapım ilkeleri ve yapım yöntemleri (Kim & Rigdon, 1998)

3.2.4 Sürdürülebilir Yapım Yöntemleri

Sev (2009) tarafından belirlenen sürdürülebilir yapım ilkelerinin her biri kendine özgü bir takım alt başlıklara ve yapım yöntemlerine sahiptir. Bu ilkeler ve yapım yöntemlerinin anlaşılması ve uygulanması sürdürülebilir yapım anlayışı açısından önemlidir. Geleneksel yapımın aksine her bir projenin kendisine yönelik tasarlanan ve planlanan yapım yöntemleri uygulama kolaylığı sağlarken sonuç olarak yapım sektörünün çevre üzerindeki olumsuz etkilerini de azaltacaktır. Bahsedilen ilkeler kaynak yönetimi, yaşam döngüsü tasarımı ve insan için tasarım başlıkları olmak üzere ilkeler ve stratejiler şu şekildedir; (Sev, 2009)

➤ **Kaynak Yönetimi**

a. Enerjinin Etkin Kullanımı

- Enerji korunumu odaklı kentsel tasarım anlayışı
- Pasif ısıtma-soğutmanın verimini arttırmak için doğru arazi yerleşimi
- Alternatif enerji kullanılması
- Enerji tasarrufu sağlayabilmek için tasarımın detaylandırılması ve doğru malzeme seçimi
- Gün ışığından faydalanarak aydınlatma
- Sürdürülebilir yapı için doğru ekipman kullanımı

b. Suyun Etkin Kullanımı

- Doğru armatür ve tuvalet seçimi (vakumlu ve biyokompoze)
- Yağmur suyunu toplayarak yeniden kullanma
- Doğal peyzaj uygulamalarını tercih etme
- Geri dönüşüm ve yeniden kullanıma önem verme

c. Malzemenin Etkin Kullanımı

- Doğru tasarım ve yapım ile malzeme tasarrufu sağlama
- Doğru ve uygun boyutlu yapı tasarımı
- Mevcutta bulunan strüktürlerin rehabilitasyonu
- Geri dönüştürülmüş malzeme tercih edilmesi

- Alternatif yapı malzemelerinden faydalanma

d. Arazinin Etkin Kullanımı

- Mevcutta bulunan yapı alanlarından ve arazi olanaklarından faydalanma
- Doğal topografik yapı ile uyumlu tasarım
- Mevcut yapı alan sınırlarına sadık kalarak genişlemeyi engellemek

➤ Yaşam Döngüsü Tasarımı

a. Yapı Öncesi Dönem

- Doğru arsa tercihi
- Değişen taleplere ayak uydurabilecek esnek tasarıma sahip uzun ömürlü yapılar üretme
- Yenilenebilir kaynaklardan, temini esnasında çevreye zarar vermeyen, geri dönüştürülebilir, bakım ve onarım masrafları az olan, uzun ömürlü, yerel veya yakın çevreden temin edilebilen malzeme seçimi

b. Yapı Dönemi

- Yapım esnasında kullanılan şantiye elemanlarının ve ekipmanlarının mevcut doğal çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak
- Atık yönetimi ile oluşabilecek potansiyel çevresel zararın önüne geçmek
- Yapım esnasında çalışan tüm paydaşların bireysel sağlığını ve güvenliği korumak ve kontrol altına almak
- Çevreye zararlı olmayan bakım, onarım ve imalat maddeleri kullanmak

c. Yapı Sonrası Dönem

- Kullanılabilir ömrünü dolduran yapıları değişen taleplere yönelik yeni gereksinmelere adapte etmek
- Yapı kullanım sonrası yıkım/söküm evrelerinde ortaya çıkan ürünleri ve bileşenleri yeniden kullanmak veya geri dönüştürmek
- Kullanım ihtiyacı biten araziden ve mevcut altyapı sistemlerinden yeniden faydalanmak

➤ İnsan İçin Tasarım

a. Doğa Koşullarının Korunması

- Yapay ve insan eliyle oluşturan yapılı çevrenin doğal sistemler ve kaynaklar üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma
- Mevcut topografik koşullara uyum sağlayacak doğru tasarım anlayışı
- Yeraltı su seviyelerini gözeterek bilinçli tasarım
- Mevcutta bulunan flora ve faunayı koruma

b. Kentsel Tasarım ve Arazi Planlaması

- Karma kullanımlı kalkınmayı destekleme ve teşvik etme
- Toplu taşıma sistemlerine yönlendirme ve yaya ulaşımını destekleme

c. Kullanıcı Konforunu ve Sağlığını Gözetken Tasarım

- Isıl konforu sağlama
- Doğal aydınlatma olanaklarından yararlanma
- Doğal havalandırma olanaklarından yararlanma
- Dış mekan ve çevre ile görsel ilişki kurma ve bütünselliği sağlama
- Açılabilir hava sirkülasyon araçları (pencere vb.)
- Farklı fiziksel özelliklere sahip kullanıcıları ve fiziksel engeli olan bireyleri destekleyen tasarımlar
- Çevreye zarar vermeyen malzeme tercihi

Sev (2009) tarafından yapılan çalışmada belirlenen sürdürülebilir yapım ilkeleri ve yapım yöntemleri, yine aynı çalışmada oluşturulan tablolardan düzenlenerek yukarıda maddeler halinde verilmiştir.

3.2.5 Sürdürülebilir Yapım Sistemleri

Sürdürülebilir yapım anlayışı ile yapım sektörünün kullanıcı sağlığına, çevreye ve doğal kaynaklara karşı olumsuz etkilerini minimuma indirme eylemi hedeflenmektedir. Sürdürülebilir yapım veya yeşil bina sertifika sistemleri ile yapım sektöründe oluşturulan bina ölçeğindeki projelerin çevre üzerindeki etkilerinin objektif ve belgeli olarak ortaya konulmasında ve doğal tükenbilir kaynakların korunumu için gerekli duyarlılığı ortaya çıkarmada ölçülebilir, somut bir referans sağlamaya çalışan bir tür derecelendirme ve puanlama sistemi olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2009).

Sürdürülebilir yapıyı tanımlamak üzere geliştirilen sertifika sistemleri ile genel ölçme standartları oluşturularak, yapım sektöründe sürdürülebilirlik anlayışını sağlamak üzere sürdürülebilir yapı tasarımını teşvik etmek, sürdürülebilirliğin ve yeşil bina tasarımının faydaları konusunda toplumsal bilinci artırarak yapı sektörünü geleneksel yöntemlerden sürdürülebilir yöntemlere dönüştürmeyi amaçlamaktadır (Şimşek, 2012).

Bina sertifikalandırma sistemleri bakımından dünya genelinde popüler olarak kullanılan BREEAM sertifika sistemi İngiltere’de, LEED sertifika sistemi ise Amerika’da ortaya çıkmıştır. Bunlara ek olarak SBTOOL (Kanada), HK-BEAM (Hong Kong), CEPAS (Hong Kong), SBAT (Güney Afrika), GREEN STAR (Avustralya) ve CASBEE (Japonya) gibi dünya genelinde birçok bina sertifikalandırma sistemleri mevcuttur. Sürdürülebilir yapım sonrası bina sertifikalandırma sistemlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte ilk hedef her ülkenin kendi yerel kriterlerine ve iklim koşullarına yönelik kendi standartlarını oluşturması iken uluslararası kimlik kazanan LEED ve BREEAM değerlendirme sistemleri, kendisine özgü değerlendirme sistemi bulunmayan ülkeler tarafından kabul edilerek kullanılmaya başlanmıştır (Saka, 2011).

Günümüzde Dünya Yeşil Bina Konseyi (World Green Building Council-WGBC) üyesi birçok ülkede BREEAM, LEED, GREEN STAR ve CASBEE sistemlerinin yanı sıra SBTOOL da çeşitli ülkelerde yerel standartlara uyarlanarak kullanılmaya başlanmıştır. Tablo 3.2’de bina sertifikalandırma sistemleri değerlendirme ölçütleri ve puanlama sistemi gösterilmiştir (Erdede, Erdede, & Bektaş, 2014).

Tablo 3.2: Bina sertifikalandırma sistemleri (Erdede, Erdede, & Bektaş, 2014)

Değerlendirme Sistemi	BREEAM	LEED	SBTool	CASBEE	GREENSTAR
Tarih	1990	1998	1998	2001	2003
Ülke	İngiltere	Amerika	Kanada	Japonya	Avustralya
Kriterler	Yönetim Enerji Su Ulaşım Sağlık ve Konfor Atık Malzeme Arazi Ekoloji Kirlilik Yenilik	Yenilik ve Tasarım İç mekan hava kalitesi Malzeme ve Kaynaklar Sürdürülebilir araziler Etkin Su Kullanımı Enerji ve Atmosfer	İç mekan hava kalitesi Enerji ve kaynak kullanımı Çevresel Yükler Sosyal ve ekonomik esaslar Kültürel ve algısal esaslar Arazi tercihi, Proje planlama ve geliştirme	İç mekan kalitesi Servis kalitesi Mevcut arazi çevresi Enerji Kaynaklar ve malzemeler Arazi dışındaki mevcut çevre	Enerji Malzeme İç Mekan Kalitesi Ulaşım Yönetim Su Arazi Kullanımı ve Ekoloji Kirlilik Yenilik
Sertifika Puanlama Düzeyi	Geçer (*) İyi (**) Çok İyi (***) Mükemmel (****) Olağanüstü (*****) (* Yıldız sayısı)	Sertifika (40-49 puan) Gümüş (50-59 puan) Altın (60-79 puan) Platin (80 puan ve üstü)	-1 (olumsuz) 0 (Kabul) 3 (İyi) 5 (En İyi)	S A B+ B- C	4 Yıldız (45-59 puan) 5 Yıldız (60-74 puan) 6 Yıldız (75-100 puan)

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİDE AKILLI BİNA SİSTEMLERİ

Sanayi devrimi ile başlayan süreç sonrası meydana gelen dünya savaşlarının ardından ortaya çıkan üretim yarışı doğal kaynakların bilinçsiz tüketimine ve enerji krizine yol açmıştır. Bu gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan ve yirminci yüzyılın ikinci yarısında kendini hissettiren çevresel sorunlar, doğal kaynakların sınırlılığı farkındalığı ve enerji krizi yapım sektöründe mevcut enerjinin kullanımı kapsamında ulusal ve uluslararası ölçekte yapım sektörünün tüm paydaşlarını yeni arayışlara itmiştir.

1987 yılında yayınlanan ve sürdürülebilir kalkınma kavramının tanımlandığı Brundtland Raporu'nda sürdürülebilir kalkınma anlayışını doğru bir şekilde hayatımıza dahil edebilmemiz için doğal kaynakların bilinçli ve doğru bir şekilde tüketilmesi gerekliliğine dikkat çekilmiştir. Teknolojik gelişmelerin mimarlık pratiğine getirdiği yenilikler doğrultusunda geleneksel yapı anlayışının aksine enerji üretebilen ve bu sayede ihtiyaç duyduğu doğal kaynak tüketimini düşürebilen akıllı bina kavramı ortaya çıkmıştır. Ülkesel ölçekte toplam enerji tüketiminin ortalama %40'ının yapım sektöründe kullanılıyor olması -yapı yaşam döngüsü sürecinin tamamında tüketilen enerji miktarı- akıllı bina kavramının gün geçtikçe önem kazanmasını sağlamıştır (Kara, 2017).

Kavramsal olarak sürdürülebilirlik anlayışını incelediğimizde, çevreye verilen zarar minimumda tutmayı hedefleyen ve ihtiyaç duyulan enerjinin verimli kullanımı karşımıza çıkmaktadır. Bu kavramsal temele ek olarak gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan akıllı sistemleri de dahil ettiğimizde hem sürdürülebilir hem de akıllı bina tasarımları meydana gelmektedir. Sürdürülebilir yapım anlayışı ile uygulanacak yapı, bulunduğu dönemdeki mimari yaklaşımları, teknolojik gelişmeleri, çevresel bilinci, ekonomik ve politik yönelimleri de göz önünde bulundurarak konumlandırılması gerekmektedir. Çevre dostu, sürdürülebilir, düşük enerji tüketen ve ihtiyaç duyduğu enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından temin eden bu yapıların tasarımı ve uygulaması, disiplinler arası işbirliğini gerektiren bütüncül bir süreçtir (Karıptaş & Karadoğulları, 2015).

Teknolojik gelişmelerin mimarlık pratiğine getirdiği yeniliklerle birlikte yapım sektöründe, yapı yaşam döngüsü boyunca ihtiyaç duyulan enerjiyi alt sistemler yardımıyla üretebilen ve bu sayede ihtiyaç duyulan doğal enerji kaynaklarının kullanımını minimuma indirebilen akıllı bina sistemleri ortaya çıkmıştır. Yapıda kullanım amacına ve alanına bağlı olarak değişiklik gösteren akıllı bina sistemleri, enerji, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi gereksinimleri karşılamaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Akıllı bina sistemleri, günden güne değişen kullanıcı taleplerine ve gereksinimlerine yanıt verebilecek esneklikte, çevresel etkileri denetleyen, teknolojik uygulamalar adapte olabilen, güvenli, kullanıcı performansını ve verimliliği en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen ve bütün bu özellikleri teknolojik donanımlar aracılığıyla tek bir noktadan sağlayabilen sistemlerdir. Akıllı bina sistemlerinden faydalanılarak tasarlanan akıllı binalar, gündelik yaşamı kolaylaştırırken iş gücü ve enerji kaynaklarından tasarrufu sağlamakta, kullanıcı konforu ve güvenliği gereksinimini de karşılamaktadır. Akıllı bina sistemleri teknolojinin olanaklarından faydalanarak iç ve dış çevresel koşullar gözetilerek elde edilen verilerle yapı yaşam döngüsü boyunca ve özellikle kullanım evresinde bina performansını arttırmayı hedeflemektedir (Dikmen & Gültekin, 2009).

4.1 Akıllı Bina Kavramı

Endüstri devrimi sonrası meydana gelen teknolojik gelişmeler, insanların içinde bulundukları çevreleri daha kolay yönetebilmelerini sağlarken yeni yaşam biçimlerini ve alışkanlıklarını da beraberinde getirmiştir. Geçmişten günümüze teknolojik gelişmelerin ve ilerlemelerin temel odak noktası, insan yaşamında konfor seviyesini en üst düzeye çıkarmak olmuştur. Bu amaçların yanı sıra hızla artan dünya nüfusu, mevcut doğal kaynakların bilinçsiz kullanım sonucu tükenmeye başlaması, enerji ve yapım maliyetlerinin artışı gibi gerekçeler yapı tasarım yaklaşımına ve yapım sektörüne yeni boyutlar getirmiştir. Günümüz şartlarında kullanıcılar, ihtiyaçlarını maksimum seviyede karşılayan, konfor seviyesi yüksek, esnek, üretken, çevre dostu, enerji etkin, ekonomik ve son teknolojik gelişmeler kapsamında tasarlanan yapılara ihtiyaç duymaktadır (Karıptaş & Karadıñoğulları, 2015).

Akıllı bina tasarımı ile ulaşılmak istenen yapı anlayışında, kullanıcıların konfor seviyelerinden ödün vermeden tek merkezden yönetilebilen otomasyon sistemine bağlı alt sistemler yardımıyla yapının enerji tüketimini minimumda tutabilen, yapı kullanım amacında meydana gelen değişikliklere karşı esnek, öğrenme yeteneğine sahip, güneş ve rüzgar gibi temiz enerji kaynaklarından faydalanırken aynı zamanda dış etmenlerden korunma çabasıyla kendini ayarlayabilen, bina yapım ve işletim tutarlarının minimuma indirildiği ve yapı kullanımı evresinde zamanla inşaat maliyetlerini geri kazandırabilen yapılar hedeflenmektedir (Kara, 2017).

Teknolojik gelişmeler sonucu ortaya çıkan yenilikler ile sürdürülebilir kalkınma anlayışının kesişimi doğrultusunda ortaya çıktığı günden itibaren seri şekilde yayılan akıllı bina kavramı, bilişim teknolojisi temellerine dayalı olarak son kırk yıldır yapım sektöründe

kendine yer bulmaktadır. Harrison, akıllı binaları, ortaya çıktığı günden bu yana tarihsel olarak 3 kategoride sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırma; (Harrison, Loe, & Read, 1992)

1. Otomatik Binalar (1981-1985)
2. Yanıt Veren Binalar (1986-1991)
3. Verimli Binalar (1992-....)

Harrison tarafından yapılan bu sınıflandırmadan yola çıkarak dönemleri açıklayacak olursak; (Oğuz, 2007)

Birinci Kuşak Akıllı Binalar: Otomasyon sistemine sahip olmayan, kullanıcı konforunu sağlama açısından yetersiz, karışık ve birbirinden bağımsız alt sistemlerden oluşmaktadır.

İkinci Kuşak Akıllı Binalar: İlk aşama yapılarında bulunan karmaşık ve yeterli olmayan alt sistemlerin, ağ sistemi yardımıyla bağlanması ile oluşmaktadır.

Üçüncü Kuşak Akıllı Binalar: İlk iki dönem boyunca meydana gelen gelişmelere ilave olarak yapı ve yapının kullanıcıları konusunda öğrenme ve uyum sağlama yeteneğine sahip yapılardan oluşmaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte geçmiş dönemde yapılan ve kullanımı devam eden birinci ve ikinci kuşak yapılarda bina kontrol sistemlerinin arttırılarak çalıştırılması sağlanmış fakat üçüncü kuşak yapılarda bulunan öğrenme ve uyum sağlama yeteneği gibi teknolojiler eklenememiştir (Oğuz, 2007). Geçmişten günümüze ortaya çıkan kuşakları ve yapılan uygulamaları incelediğimizde akıllı bina uygulamaları, sade ve basit sistemli yapılardan, gelişen teknoloji ile birlikte birbiriyle uyumlu şekilde çalışan birçok alt sistemler bütünü halini almıştır.

Akıllı bina kavramını incelediğimizde temel odak nokta, enerji korunumu bir diğer tanımlamayla enerji etkin yapı anlayışı olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı binalar, verimli enerji kullanımı ve tasarrufu amaçlayan HVAC gibi alt sistemleri, çatı ve cephe gibi çeşitli yapı birimlerine konumlandırılan, güneş ve rüzgar gibi doğal enerji kaynaklarından temin edilen enerjinin depolanmasını sağlayan yapı elemanları sayesinde olabildiğince verimli yapılar oluşturmayı hedeflemektedir. Akıllı bina uygulamalarını diğer yapılardan ayıran en önemli kriter, birbiriyle uyumlu ve entegre biçimde çalışan alt sistemler ve bu sistemlerin tek noktadan yönetiminin ve kontrolünü sağlayabilen otomasyon sistemlerini bünyesinde bulundurmasıdır. Binanın yönetimini ve kontrolünü tek

noktadan sağlayan bu otomasyon merkezi, yapının daha verimli, enerji etkin ve daha ekonomik şekilde kullanımını sağlamaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Akıllı bina olarak tanımladığımız yapı anlayışı ilk olarak yapının bünyesinde bulundurduğu otomasyon sistemleri (ısı-iletişim-güvenlik vs.) gibi anlaşılsa da akıllı bina konseptine sahip yapıların, yapıda kullanılan malzemelerin özellikleri ve binanın statik yapısı kriterlerinde de akıllı malzeme ve uygulama şekillerine sahip olması beklenmektedir. Akıllı binalarda amaç yapıyı bütüncül olarak ele alarak maksimum fayda, işlev ve tasarrufu elde etmektir (Anıl, 2015).

Teknolojik gelişmeler doğrultusunda artan beklentiler ve değişen kullanıcı talepleri doğrultusunda kullanıcı konforunu arttırmaya yönelik yeni çözüm arayışları ortaya çıkmıştır. Değişen ve artan taleplere karşın esnek olmayan ve çözüm üretemeyen geleneksel yapıların aksine yeni talepleri karşılayabilen, konforlu, esnek yapıya sahip, kullanım, işletme, bakım ve onarım maliyetleri uygun ve enerji korunumunu sağlayan akıllı bina kavramı ortaya çıkmıştır. Akıllı bina kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte tasarlanan yapılar, enerji etkin yapı tasarım anlayışında aktif ve pasif sistemlerden faydalanılan ve bina otomasyon sistemleri ile desteklenen yapılar olarak tanımlanmaktadır (Dikmen & Gültekin, 2009). Akıllı binalar, gündelik yaşamı kolaylaştıran, kullanıcı güvenliğini sağlayan, çevre sağlığını göz önünde bulunduran ve nano teknoloji bina otomasyonu kontrol sistemlerini bünyesinde bulunduran yapılardır. Gelişen teknolojiden faydalanarak kullanılan mekanların konfor seviyesini arttırarak, güvenli ve keyifli yaşam alanlarına dönüştüren sistemler akıllı bina kavramının tanımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Çetinkaya, 2016).

Tarihi dönemleri ve eski uygarlıkları incelediğimizde her toplumun, yaşadığı coğrafi bölge ve çevresel olanaklar doğrultusunda kendine has bir yapım ve mimarlık anlayışı benimsediğini görmekteyiz. Bu kriterlere ek olarak ülkelerin teknolojik olanaklar açısından gelişmişliğini ve kullanıcı taleplerini göz önünde bulundurduğumuzda akıllı bina kavramının ülkeler arasında farklı şekillerde tanımlandığı sonucuna ulaşmaktayız. ABD, İngiltere, Japonya, Singapur ve Türkiye’de olmak üzere bazı ülkelerin akıllı bina tanımları aşağıda verilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri: Washington D.C.’de bulunan Akıllı Bina Enstitüsü (IBI) tarafından yapılan tanımda akıllı bina kavramı; strüktür, sistemler, servisler ve yönetim gibi dört temel elemanın optimizasyonu sayesinde verimli ve ekonomik bir çevre meydana getirirken birbirleri ile entegre şekilde çalışmasını da sağlamalıdır. Akıllı binalar,

kullanıcıya, mal sahibine ve yöneticilere ekonomi, enerji yönetimi, konfor, güvenlik, esneklik ve göze hitap etme konularındaki taleplerini bir arada gerçekleştirme imkanı sağlamaktadır (Çetinkaya, 2016). Yine Washington D.C.'de bulunan Ulusal Bilimler Akademisi (NAS), akıllı binalarda bulunması gereken donanımları şu şekilde sıralamıştır; (Kılıçaslan, 2004)

- Enerji verimliliğini düzenleyen sistemler
- Can güvenliği sistemleri
- Telekomünikasyon sistemleri
- İşyeri otomasyonu

İngiltere: Merkezi İngiltere olan Avrupa Akıllı Bina Grubu'nun yaptığı tanımlamaya göre akıllı bina kavramı, yapı kullanıcılarının etkinliğini ve verimliliğini maksimize eden bir mekan yaratırken bu esnada minimum donanım ve tesis maliyeti ile birlikte malzemenin bilinçli ve optimum koşullarda kullanılmasını sağlayan yapı olarak tanımlanmaktadır (So & Chan, 1999).

Singapur: Kamu İşleri Departmanı'nın yaptığı akıllı bina tanımında, yapının akıllı bir bina olarak nitelendirilebilmesi için aşağıda belirtilen koşulları bünyesinde barındırması gerekmektedir (Kara, 2017).

- Bünyesinde bulundurduğu ileri teknoloji otomasyon sistemleri aracılığıyla kullanıcı konforunu sağlama
- Yapı içi verimli iletişim için kaliteli bir ağ altyapı sistemine sahip olma
- Gerekli düzeyde telekomünikasyon alt sistemlerini bünyesinde bulundurma

Japonya: ABD'nin benimsediği ofis yapısı ve sosyal ortamdan farklı olarak kendi kültürüne ve yaşam şartlarına uyumlu akıllı binalar tasarlamayı hedefleyen Japonya'da akıllı bina tasarımında dört unsur ön plana çıkarken bu unsurlar şu şekildedir; (Harrison, 1992)

- Tek merkezden yönetim
- Kullanıcı konforu
- Bina yönetiminde rasyonalist yaklaşımı sağlama
- Öğrenebilme yeteneği ve esneklik

Türkiye: Akıllı bina kavramı üzerine ülkemizde yapılan çalışmalar ve tartışmalar doğrultusunda mimarlar ve mühendisler tarafından birçok farklı yaklaşım ve tanımlama ortaya çıkmıştır. İstanbul’da yapılan ve akıllı bina örneklerinden olan Metrocity Millenium Tower mimarı Doğan Tekeli akıllı bina kavramını, karar alabilen ve duruma uyabilen yapılar olarak tanımlamaktadır. Sabah Tesisleri mimarı Mehmet Konualp, akıllı binayı, verilen veya edinilen programa göre ya da yüklenmiş veya yüklenilen performansı yardım ihtiyacı duymadan kendi başına yapabilen yapı olarak tanımlamaktadır. Mimar Ertan Anıl, akıllılık kavramını, yapının kendi kendine, bir müdahaleye gereksinim duymadan, normal ve rutin çalışmasını sürekli olarak devam ettirebilme yeteneği olarak tanımlamaktadır. Arçelik pazarlama yöneticisi olan Murat Şahin, akıllı binaları, kullanıcı ile iletişim kurabilen, yapıda yaşayanların ihtiyaç duydukları servisleri sağlayabilen, kullanıcıyı merkezine alan yapılar olarak tarif etmektedir. (Zağpus, 2002).

Akıllı bina kavramını özetleyecek olursak, toplumsal yapıda çeşitli zevklere, ihtiyaçlara ve ekonomik güce sahip kullanıcılara yönelik tasarlanabilen, minimum tüketim maksimum tasarruf anlayışını benimseyen ve kullanıcıya en iyi olanakları sunmayı hedefleyen yapılar olarak tanımlayabiliriz. Kullanıcı konforunu göz önünde bulundurarak konfor seviyesini maksimumda tutmayı amaçlayarak çeşitli tekniklere sahip alt sistemleri organize eden, gerekli durumlarda amaca yönelik manuel veya otomatik şekilde mekanlarda fiziksel, atmosferik ve görsel değişiklikleri ve esneklikleri sunabilen, iç-dış bilgi iletişim ve telekomünikasyon ağına sahip, tek merkezden kumanda edilebilen, entegre elektronik ve mekanik sistemlerle donatılmış yapılar olarak tanımlanan akıllı binalar, teknolojinin getirdiği sayısız imkan ve yenilik sayesinde kullanıcılara daha sağlıklı, konforlu ve pratik bir yaşam alanı sunmaktadır (Karadoğulları, 2013).

4.1.1 Akıllı Bina Kavramının Ortaya Çıkışı

İnsanlık tarihi boyunca efor sarf edilen en büyük çaba insanın, içinde bulunduğu çevreyi kendi ihtiyaçlarına yönelik değiştirmesi ve geliştirmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm canlılar gibi insanlar da bulunduğu yaşam alanına adaptasyonu kolaylaştırabilmek adına çevreyi değişime uğrattırken aynı zamanda doğal çevreden gelebilecek olası risklere karşı içgüdüsel olarak barınma ve korunma mekanizmaları geliştirmiştir. Bu sürecin son ürünü olarak hayatımıza dahil olan akıllı binalar, kullanıcıyı doğal çevreden gelebilecek olası tehlikelerden ve doğal faktörlerden korumanın yanı sıra gelişen teknoloji ile çevresel etmenlerden faydalanmayı da öğrenmiştir.

Toplumların kültürel geçmişlerini ve zaman içerisinde değişen dünya görüşleri hakkında fikir sahibi olmamızı sağlayan dünya genelindeki zengin konut tipolojisi barınma ve korunma ihtiyacının toplumsal ölçekte gelişim sürecini bizlere sunmaktadır. Coğrafi şartlara veya dönemden döneme göre değişen anlayış sadece mekanın biçimlenişi ile alakalı olmayıp, sosyal sınırlar, egemenlik alanları, tampon bölgeler gibi kavramların yanı sıra özetle konutun insanları veya oluşumları birbirinden ayırma ve/veya birleştirme düzeni olarak tanımlanabilir. Süreç boyunca ortaya çıkan bu çeşitlilik, modernleşme, kentleşme düzeyi, kültürel değerler ve sosyal normlardaki değişimle açıklanabilir (Gür, 2000).

18.yüzyılda meydana gelen endüstri devrimi ile birlikte insan ve hayvan gücünden faydalanarak işleyen üretim anlayışı yerini makine gücüne dayalı üretim anlayışına bırakmıştır. Endüstri devrimi ile ortaya çıkan bu değişim ve gelişim sonrasında 19. Yüzyıl endüstriyel gelişmelerin yoğun seviyede yaşandığı teknik buluşlar yüzyılı olarak tanımlanmıştır. Endüstri devrimi, gelişen teknoloji ile kendini sürekli yenileyen ve geliştiren yapım uygulamalarını da etkilemiştir. Bu etki sonucu yeni yapım teknolojileri, yeni bina sistemleri, yeni malzemeler ile ısıtma ve havalandırma sistemlerinin gelişmesi de yapım sektöründe daha konforlu mekanlar tasarlamaya ve uygulamaya imkan sağlamıştır. Meydana gelen tüm teknik gelişmeler beraberinde toplumsal davranışı ve kullanıcı gereksinimlerini de çeşitlendirmiştir. Değişim süreciyle birlikte yeni bir mimari anlayış olan ‘‘Uluslararası Stil’’ 19. yüzyıl sonlarına doğru ortaya çıkmıştır. Yeni bir anlayış olmasına karşın ortaya çıkan bu stil iklimsel konuları göz ardı ederken kullanıcı konforunu sadece mekanik ve elektriksel sistemler yardımıyla sağlamayı öngörüyordu. Bu yaklaşım sonucu 1970’li yıllarda ortaya çıkan bilinçsiz kaynak tüketimi ve enerji kullanımı olumsuz çevre koşullarını da beraberinde getirmiştir. 1980’li yıllara gelindiğinde ise fosil kaynaklı yakıtlardan elde edilen enerjinin azalması ve bu kaynakların doğaya zarar vererek çevresel kirliliğe sebep olduğu anlaşılmaya üzerine 1990’lı yıllarda enerji ve ekoloji konulu çalışmalar hız kazanmıştır (Zağpus, 2002).

İkinci Endüstri devrimi ile birlikte hayatımıza dahil olan ‘‘Bilgi Teknolojileri (IT)’’ kavramı, 1980’li yıllarda belirgin bir şekilde karşılaştığımız Akıllı Bina (Intelligent Building) kavramını bizlere sunmuştur. 1980’li yıllarda başlayan ve yeni bina malzemeleri kullanan bu anlayış ilk olarak yapılarda enerji kullanımı azaltmak için özel mekanik ve elektriksel sistemler geliştirmiştir (Dayangaç, 2005).

Ortaya çıkan akıllı bina kavramı, 1980’li yıllarda gelişen teknoloji ile mimarlık pratiğinde oluşan yenilikler sonucu oluşmuştur. Yapıların ihtiyaç duyduğu enerjiyi bünyesinde

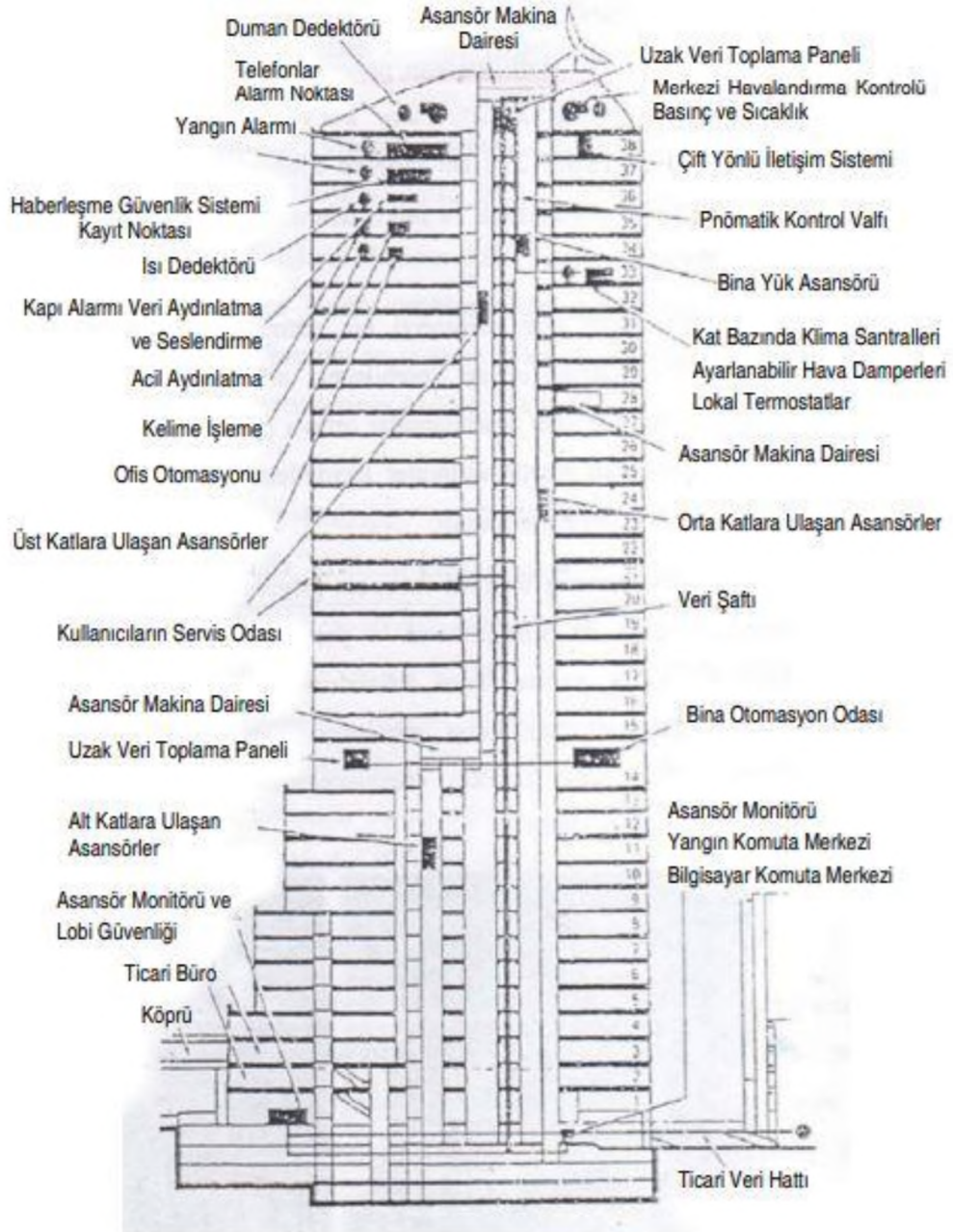
bulundurduğu alt sistemler aracılığıyla temin eden ve bu sistemler sayesinde kullanılacak doğal enerji kaynak seviyelerini minimuma indirebilen akıllı bina kavramı içinde bulunduğu çevreyi olumsuz etkileyen yapı sektörü için önemli bir gelişmedir (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Son yarım yüzyılda hızını arttıran, üçüncü endüstri devrimi veya bilişim teknolojisi dönemi olarak da adlandırılan dönemle başlayan teknolojik gelişmeler, kullanıcı ihtiyaçlarını değiştirirken yeni yaşam biçimlerini de ortaya çıkarmıştır. Ortaya çıkan yeni yaşam biçimleri ile birlikte değişiklik gösteren kullanıcı gereksinimlerinin yanı sıra hızla artan insan nüfusu, doğal kaynakların hızlı ve bilinçsizce tüketilmesi sonucu ortaya çıkan enerji krizi ve artan enerji maliyetleri, gelişen teknolojinin mimarlık pratiğine katkıları aracılığıyla akıllı bina tasarımı gündeme gelmiştir. Akıllı bina kavramının başlangıç noktası olarak kabul edebileceğimiz bu gelişmeler sonucu akıllı bina terimi ilk kez 1980’li yılların başlarında merkez noktası Washington-ABD olan Eski Akıllı Bina Kurumu tarafından tanımlanmıştır. Bu tanımlama, “Akıllı bina strüktür, sistemler, servisler ve yönetimin optimizasyonu ve bu dört temel elemanın arasındaki ilişkileri sayesinde verimli ve maliyet etkin bir ortam sağlayan binadır.” şeklinde yapılmıştır (So & Chan, 1999).

1980’li yılların başlarında Amerika Birleşik Devletleri’nde telekomünikasyon, yapı yönetimi ve veri ağı hizmetleri ile kullanıcılarına kiracı hizmetleri paylaşımı sağlayan binaları belirtmek ve tanımlamak için kullanılan akıllı bina kavramının gelişimi bilişim teknolojilerinin gelişimi ile yakından ilişkilidir (Harrison, Loe, & Read, 1992).

Ülkelerin sahip olduğu iklim koşulları, toplumsal yapılar, kültürel farklılıklar, kullanıcı alışkanlıkları, bina yönetim sistemleri farklılıklarına bağlı olarak değişim göstermesi, akıllı bina kavramının gelişmesinin ülkeden ülkeye göre farklılık oluşturmalarının başlıca sebeplerindendir. Bunun yanı sıra telekomünikasyon, bilişim ve otomasyon teknolojilerinde meydana gelen hızlı değişim süreçleri akıllı bina tanımının net olarak yapılamamasına sebep olmaktadır. Akıllı bina sistemleri ile yapının işlevselliği ve kalitesi geliştirilirken, kullanıcı konforu ve yaşam ortamının güvenliği arttırılmakta, kullanıcı sağlığı ve enerji verimliliği güvence altına alınmaktadır (Wen, Hsiao, & Chen, 2009).

Dünya genelinde meydana gelen teknolojik gelişmelerin mimarlık pratiğine yansması sonucu ortaya çıkan akıllı bina kavramı adı altında tasarlanan ilk akıllı bina, 1981 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nin Connecticut eyaletinde Technologies Corporation tarafından yapımına başlanan ve 1983 yılında tamamlanan "City Palace" isimli ofis binasıdır (Kara, 2017). İlk akıllı binaya ait olan bina kesiti Şekil 4.1 de gösterilmiştir.

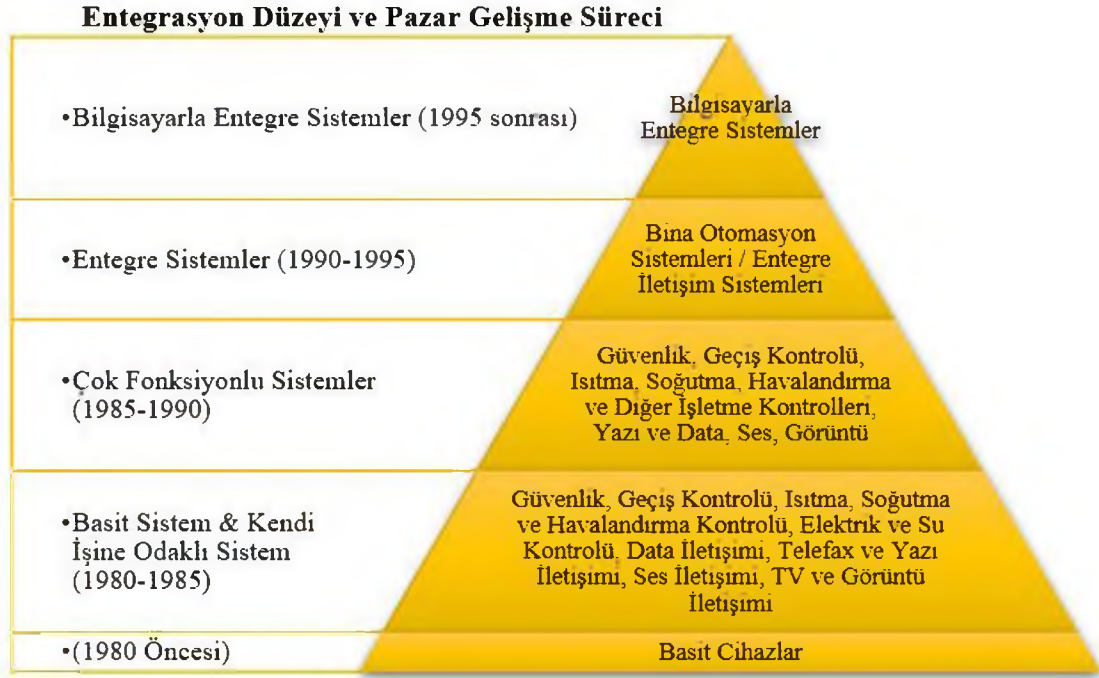


Şekil 4.1: İlk Akıllı Bina Kesiti (Mersinoğlu, 2002)

Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Akıllı Bina Kurumu tarafından yapılan tanımlamalarda, akıllı binaların teknolojik yönleri ön planda tutulurken kullanıcı konforu göz ardı edilmiştir. Avrupa ülkeleri tarafından yapılan akıllı bina tanımlamalarında ise ABD'nin aksine kullanıcı gereksinimleri ön plana çıkarılmıştır (Kara, 2017).

Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir mimari kavramlarının ortaya çıkması ile günden güne gelişen teknoloji, yaşanan enerji krizi, çevresel sorunlar ve değişen kullanıcı talepleri sonucu hayatımıza dahil olan akıllı binalar 1980'li yıllardan itibaren yakın çevremizde ve gündelik yaşantımızda karşılaştığımız yapı anlayışı olarak tanımlanabilir.

1980’li yıllarda ortaya çıkan ve geçen süre boyunca değişen kullanıcı talepleri ve gelişen teknoloji ile birlikte günden güne kendisini yenileyen akıllı binalar, ilk ortaya çıktığı dönemde uygulama açısından basit ve tekil alt sistemlerden oluşurken takip eden yıllarda daha komplike ve birbiriyle entegre çalışan karmaşık sistemlerden oluşmaya başlamıştır. Akıllı binaların ortaya çıktığı günden bu yana gelişim süreci Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Akıllı Binaların Gelişim Piramidi (Oğuz, 2007)

4.1.2 Akıllı Binaların Özellikleri

Tarihsel süreç içerisinde, meydana gelen endüstri devrimi ile başlayan dönemin ardından hızla artan dünya nüfusu, bilinçsiz kaynak tüketimi ve ortaya çıkan enerji sorunu, 1980’li yıllardan itibaren gelişen teknoloji ile birlikte sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir mimari kavramlarının ışığında akıllı bina kavramını hayatımıza dahil etmiştir.

Ortaya çıktığı dönemde gündelik hayatı kolaylaştırmaya yönelik basit ve tekil sistemler olarak yapıya entegre olan akıllı bina özellikleri, takip eden yıllarda artan ve değişiklik gösteren kullanıcı talepleri doğrultusunda, gelişen teknoloji ve üretilen yeni yapı malzemeleri ile birlikte daha komple, tek noktadan kontrol edilebilen ve yönetilebilen ve birbiriyle entegre şekilde çalışan alt sistemler bütünü haline gelmiştir.

Akıllı bina olarak tanımlanan yapıları diğer yapılardan ayıran en önemli farklılık, mimarlar tarafından, teknolojik gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan yapay zeka kavramı ve bilgisayar teknolojileri yardımıyla akıllıca tasarlanmış ve inşa edilmiş, geleneksel yapı

yöntemiyle inşa edilen yapılarda bulunmayan bazı yetenekleri bünyesinde barındırma özelliğine sahip olmasıdır (Mersinoğlu, 2002).

Çıkrıkçıoğlu (2004), enerji etkin yapı anlayışının akıllı binaların en önemli özelliklerinden biri olduğunu belirtirken, yapının inşa edileceği bölgeden temin edilebilecek mevcut ve yaygın malzemelerin kullanılmasını ve yine mevcut bölgenin iklimsel koşullarını göz önünde bulundurarak yapılan tasarımları da akıllı bina olarak tanımlamaktadır (Çıkrıkçıoğlu, 2004).

Akıllı binaların sahip olması gereken 3 temel özelliği, ‘‘Intelligent Buildings’’ adlı kitabında aktaran Brian Atkins, bu özellikleri şöyle sıralamaktadır; (Özler, 2003)

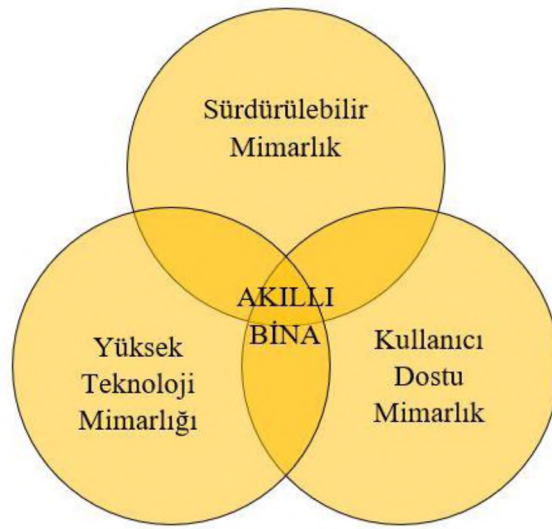
- Yapı, yapı içinde ve dışında olanlardan haberdar olmalıdır.
- Yapı, kullanıcı konforunu ve üretim alanlarının verimliliğini sağlamak üzere izlenecek yola karar veren yapıda olmalı
- Yapı, kullanıcı taleplerine ve ihtiyaçlarına zamanında cevap verebilen özelliklere sahip olmalı

Sağladıkları teknolojik kolaylıkların ve bünyesinde barındırdığı yeniliklerin, yapıların akıllı olarak kabul edilebilmesi için yeterli olmadığını dile getiren Özler (2003), yapıların bu özelliklerin yanı sıra sürdürülebilirlik kapsamında sahip olduğumuz doğal kaynakları en verimli şekilde kullanması ve enerji etkin yapı tasarım kriterlerini karşılıyor olması gerektiğini dile getirmiştir (Özler, 2003).

Yapının bir ağaca benzediğini ve kirli havayı temizlerken temiz havayı ortaya çıkarması gerektiğini savunan Cengiz Bektaş, akıllı binaları, çevreyi ve doğayı kirletmeyen ve aynı zamanda kirletmenin bedelini de ödeten yapılar olarak tanımlamaktadır. Bu anlayışla birlikte özellikle yüksek katlı yapılarda, yapı fiziği prensiplerinden yararlanarak kirli havayı bünyesine aldıktan sonra temiz hava olarak dışarı vermesi çözümüne ulaşabiliriz. Bu sayede gökdelenler, çevreyi kirleten yapılar olmaktan sıyrılarak içinde bulunduğu çevreyi temizleyen yapı niteliğine kavuşabilecektir. Bu düşüncelerden yola çıkarak akıllı binaları, doğayla savaşmayan, yeşile zarar vermeyen, bilinçli ve az enerji kullanan, kullandığı enerjiyi de kendi bünyesinde oluşturabilen yapılar olarak tanımlayabiliriz (Özler, 2003).

Zağpus (2002), bina ölçeğinde akıllılık kavramını, tasarım aşamasından başlayarak kullanıcı taleplerine göre belirlenmiş tasarımlar çerçevesinde, binaya entegre edilmiş yazılım ve otomasyon sistemlerinin yardımı ile rutin işlerin otomatik ilerlemesi,

beklenmedik gelişmelerde gerekli güvenlik sistemlerinin aktive olması, yapı içindeki veya dışındaki kullanıcıların elektronik cihazlar ile iletişim halinde olması olarak tanımlamaktadır. Bununla birlikte binalarda üst düzey bir akıllılığın; akılcı tasarım, akıllı tasarım ve akıllı kullanıcı birliğinin teknolojinin olanakları ile desteklenmesi ile sağlandığını belirtmektedir. Akıllı tasarım anlayışının ise sürdürülebilir, yüksek teknoloji ve kullanıcı dostu tasarım anlayışlarının ortak kümesi olduğunu ve akıllı bina sistemlerinden istenilen verimin alınması için tasarımcıların sistemin gücünün farkında olması ve sistemin uzman kişiler tarafından işletilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Zağpus, 2002).



Şekil 4.3: Akıllı Bina Tasarım Ölçütleri (Zağpus, 2002)

Dünya genelinde meydana gelen bilinçsiz kaynak tüketimi sonucu ortaya çıkan enerji krizi, akıllı bina tanımlamaları yapılırken enerji korunumu ve enerji etkin yapı tasarımı başlıklarını başlıca kriterler haline getirmiştir. Akıllı binalar, enerji tasarrufu sağlayan HVAC gibi alt sistemleri ile çatı ve cephe gibi yapı birimlerine yerleştirilen güneş, rüzgar gibi doğal enerjilerden faydalanırken aynı zamanda depolanmasını da sağlayan yapı elemanları ile yüzde yüz enerji verimli binalar olmayı amaçlamaktadır. Birbirine entegre halde çalışabilen alt sistemler ve bu sistemlerin tek noktadan kontrol edilebilir olmasını sağlayan otomasyon sistemleri akıllı binaları diğer yapılardan ayıran en önemli özelliktir. Yapının daha verimli ve ekonomik olarak işletilmesini sağlayan otomasyon sistemleri ile yapı bünyesinde bulunan alt sistemler sayesinde kullanıcı taleplerine göre kontrol edilebilen veya otomatik olarak mekanlarda fiziksel ve görsel farklılıklar sağlayabilen yapı elemanları ile kullanıcı konforu maksimum seviyede sağlanabilmektedir (Kara, 2017).

Utkutuğ (2002), akıllı bina kavramını, hızla gelişmekte olan teknolojik gelişim paralelinde değişimleri algılayan, ölçen, değerlendiren ve değişime göre gereken tepkiyi veren akıllı sistemlerden yararlanan sistem entegrasyonu ve otomasyona dayalı olarak değişen koşulları algılama, cevaplama, uyum sağlama ve denetim yeteneği kazandırılmış binalar olarak tanımlamaktadır (Utkutuğ, 2002).

Bina İşletim ve Yönetim Birliği'nin (Building Operators and Managers Association-BOMA) yaptığı araştırmalar sonucu, akıllı binaların kullanıcılarına sağlaması gereken temel özellikler şunlardır; (Karadoğulları, 2013)

- Tüm binada internete ulaşılabilirlik imkanı
- LAN ve WAN haberleşmesi
- Yüksek fiberoptik kapasitesi
- Uydu erişimi
- Yüksek hızda bilgisayar ağı
- Yedek güç kaynağına sahip olma
- Yüksek teknoloji ve enerji verimli ısıtma-soğutma-havalandırma (ISOHA) sistemleri
- Sensör destekli merkezi kontrol imkanı bulunan aydınlatma sistemi
- Akıllı asansörler
- WC'lerde otomatik sensör uygulaması
- Bilgisayar destekli yapı yönetimi

Çalapkulu (2020), akıllı binaları diğer yapılardan ayıran en önemli özelliğin enerji verimliliği olduğunu dile getirirken konfor, güvenlik ve sürdürülebilirlik kavramları arasında doğru sinerjiyi yakalamanın sürdürülebilir akıllı bina kavramının başarılı uygulanması açısından önemli olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte akıllı binaların temel özelliklerini şu şekilde sıralamaktadır; (Çalapkulu, 2020)

- HVAC sistemlerinin optimize edilmesi
- Elektrik kullanımının azaltılması
- Üst düzey bina ve kullanıcı güvenliği
- Aydınlatma için akıllı sensörler

- Uzak lokasyonlardan takip ve kontrol edilebilen araçlar

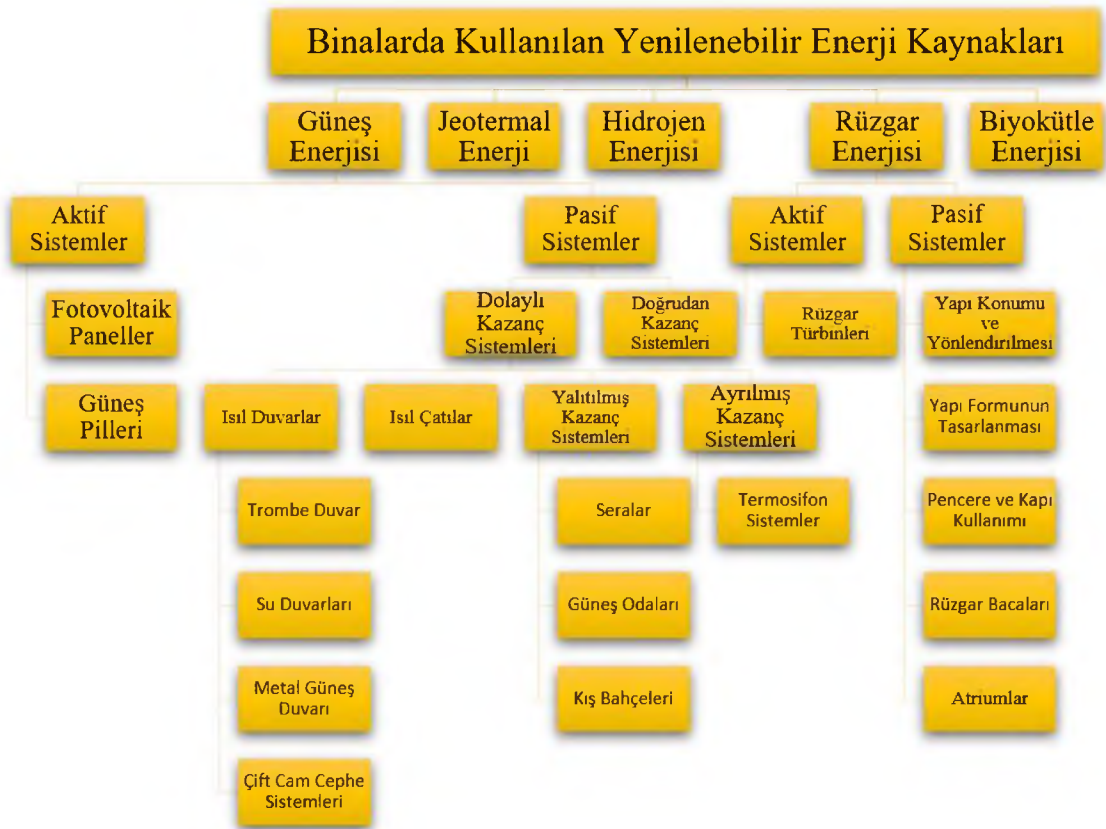
Atasoy (2009), yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanan, teknolojik alt sistemleri bünyesinde barındıran, akıllı malzemeler ile inşa edilen, sahip olduğu aktif ve pasif sistemlerle; enerjiyi verimli ve etkin kullanan, konfor ve sistem işletimi en yüksek düzeyde olan, bugünün ve yarının kullanıcılarının fiziksel ve psikolojik gereksinmelerine cevap verebilecek, esnek kullanım özelliklerine ve çözümlerine sahip, ekolojik bakımdan duyarlı, sürdürülebilir yapıları akıllı bina olarak tanımlarken akıllı bina özelliklerini şu şekilde özetlemektedir; (Atasoy, 2009)

- Kullanıcı rahatlığı ve uyumunu sağlayarak, rahat ve güvenli bir çalışma veya yaşama ortamı sağlamalı
- Enerji etkin tasarım kriterlerini içermeli
- Ekolojik tasarım kriterlerine uyarak çevreye duyarlı olmalı
- İleri teknoloji sistemlerini kullanmalı, bu sistemler algılayan, ölçen değerlendiren, gerektiğinde karar veren ve birbirleriyle entegre çalışan ve değişime uygun bir teknolojik altyapı olmalı
- Akıllı malzemeler kullanılmalı
- Sürdürülebilir olmalı
- Tasarım aşamasında maliyet analizleri yapılmalı
- Atıklar azaltılmalı
- Tüm bu kriterler tasarım aşamasında dikkate alınarak akıllı bina yapımı; mimar, ilgili mühendisler, çevre bilimciler ve kullanıcılar ile birlikte organize olarak yürütülmeli

4.1.3 Akıllı Binalarda Alt Sistemler

Öğrenebilme ve ayak uydurabilme yeteneklerine sahip yapılar olarak tanımlanan akıllı binalar, gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan yeni alt sistemleri bilgi teknolojileri ile birbirine bağlayabilmelidir. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan alt sistemler; bilgisayar sistemleri, ısı-ışık kontrolü, ulaşım-erişim kontrolü, izleme ve takip sistemleri, giriş kontrol ve tarama sistemleri, yangın ihbar ve bina tahliye sistemleri, gaz ihbar sistemleri, su baskını ve otopark otomasyonu şeklinde sıralanabilir (Kara, 2017).

Aktif ve pasif olarak adlandırılan alt sistemler, akıllı binaların, proje aşamasında tasarlanarak enerji etkin yapı olarak nitelendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Aktif sistemler, pasif sistemlerin yetersiz kaldığı durumlarda, pasif sistemlerle bütünlük sağlayacak şekilde akıllı bina projelerine entegre edilmelidir. Pasif sistemler, mekanik veya elektronik sistem kullanmaksızın, yapı elemanları aracılığıyla oluşturulan sistemdir. Yapının konumu, yapısı, yönelimi ile enerji, su ve malzeme gibi kaynakların etkin bir şekilde kullanımı sağlanmaktadır. Aktif sistemler ise doğal enerji kaynaklarından faydalanarak elde edilen enerji türlerini kullanmak, depolamak ve gerektiğinde istenilen türdeki enerjiye dönüştürmek üzere mekanik-elektronik sistemler ve binada bulunan iklimlendirme, yangın güvenlik, aydınlatma gibi otomasyon sistemlerinden oluşmaktadır. Bahsedilen bu sistemler, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu, ısıtma, soğutma, elektrik üretimi gibi ihtiyaçları doğal enerji kaynaklarından temin etmek için kullanılır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).



Şekil 4.4: Yapılarda Kullanılan Doğal Enerji Kaynakları (Erkınay, 2012)

Kullanıcı sağlığından ve konforundan ödün vermeden enerji tüketimini kontrol ederek minimum seviyelerde tutmak ve çevreye verilen zararı ortadan kaldırmak akıllı binaların en önemli özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji etkin yapı oluşumu için akıllı bina

projelerinde aktif ve pasif sistemlerden yararlanılmaktadır. Verimli ve enerji etkin yapı tasarımları için akıllı bina projelerinde, pasif sistemler ve pasif sistemlerin yeterli olmadığı durumlarda mevcut sistemler ile bütünlük sağlayacak şekilde entegre edilecek aktif sistemler bir arada kullanılmalıdır (Kara, 2017).

4.1.3.1 Pasif Bina Alt Sistemleri

Akıllı bina yaklaşımıyla tasarlanacak yapılar, çeşitli ölçeklerde değerlendirilebilecek mevcut yapay çevrede, iklim koşullarını dikkate alarak, kullanıcı konforunu sağlayabilmek amacıyla doğal çevrenin iklimsel karakteristiğine bağlı olarak, yapının ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılayabilmek adına öncelikle pasif iklimlendirme sistemlerini bünyesinde barındıracak şekilde dizayn edilmelidir (Zeren, Berköz, & vd, 1987). Pasif bina alt sistemleri iki başlık altında incelenmiştir.

4.1.3.1.1 Isıtma ve İklimlendirme Enerjisi Korunumunda Etkili Olan Tasarım Parametreleri

Pasif bina sistemlerinin alt başlığı olan, ısıtma ve iklimlendirme enerjisi korunumuna yönelik tasarım parametrelerini incelediğimiz bu başlık doğal ve yapay çevreye ilişkin tasarım parametreleri olmak üzere iki başlıkta incelenecektir.

➤ Doğal Çevreye İlişkin Tasarım Parametreleri

İklim: Yapının içinde bulunduğu doğal konum ve çevresinde devam eden iklim koşulları, hava sıcaklığı, güneş ısınımı, nem oranı ve rüzgar gibi iklim elemanlarının kullanıcıya verdiği değerlerin bir bileşkesidir. Dış çevrede geçerli olan mevcut iklim koşullarının, yapının pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemlerinin bir ögesi olarak kullanma pratiği, enerji korunumlu yapı tasarımının temelini oluşturmaktadır. Yapının uygulanmak istendiği bölgeye göre değişiklik gösteren iklim koşulları, optimum pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemlerini tanımlayan tasarım parametrelerine ait değerlerde de değişim göstermektedir (Mangan, 2006).

Gelişen teknoloji sonucu değişen ve gelişim gösteren enerji etkin tasarım anlayışıyla birlikte, iklim odaklı tasarım ilkeleri doğrultusunda tasarlanan yapılarda, pasif alt sistemleri oluşturan ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, iç mekan iklim kontrolü ve kullanıcı konforu açısından birincil eleman olma özelliğini kaybetmekte ve gerekli noktalarda aktif sistemlere ilave sistemler olarak kullanılmak adına tasarlanmaktadır (Mangan, 2006).

Topografya: Doğal çevre tasarım parametrelerinden topografya içerisinde eğim, binanın konumunu ve yönelimini etkileyen önemli bir faktördür. Binaların ışık alma seviyelerini

etkileyen eğimin yönü ve derecesi bina yapım maliyetlerini doğrudan etkilediği için doğru hesaplamalar ile güneşten faydalanma oranını, mekan ve su ısıtma maliyetlerini en aza indirmek mümkündür. Uygulanacak olan yapının arazi içerisinde yönelme açısından uygun konumlandırılması enerji etkin yapı tasarımı açısından dikkat edilmesi gereken bir husustur (Mangan, 2006).

Doğal çevre tasarım parametrelerinden topografya içerisinde önemli olan bir başka kriter ise bitki örtüsüdür. Doğru seçimler sonucu etkinliği artan pasif sistem uygulamaları ile çevreye verilen emisyonların azaltılarak olası hava kirliliği sorunu önlenabilmektedir. Güneş enerjisinden elde edilecek enerjinin ve rüzgar enerjisinin yararlı etkilerinin verimliliği için yapılar arası açıklıkların ve peyzaj tasarımlarının etkisi kaçınılmazdır. Yapılar arası açıklıklara ve peyzaj tasarımına bağlı olarak değişkenlik gösteren rüzgar kuvveti, yapılarda istenen iç hava hareketinin sağlanabilmesi açısından önemli rol oynamaktadır. Estetik kaygının yanı sıra çevre gürültüsünü absorbe etmeleri, havada bulunan tozu tutarak havayı temizlemeleri ve parlamayı azaltmaları sayesinde yapı etrafında bulunan ağaçlar ve bitki dokusu fiziksel çevre kalitesi açısından önem arz etmektedir (Utkutuğ G. S., 1999).

➤ **Yapay Çevreye İlişkin Tasarım Parametreleri**

Mevcut iklimsel koşullar iç mekan kullanıcı konforu üzerinde önemli oranda etkilidir. Yapay çevre bünyesinde bulunan tasarım parametreleri, iç mekan iklim durumunu ve iklimlendirme yüklerini belirleyen önemli kriterlerdir. Söz konusu parametreler, binaların pasif ısıtılmasını ve iklimlendirme işlevi için gerekli sorumluluğu yüklenmesini olanaklı kılmaktadır. Yapıların ve yerleşme birimlerinin enerji etkin olarak tasarlanmaları belirli yapay çevre tasarım parametrelerine bağlıdır. Bu parametreler; (Zeren, Berköz, & vd, 1987)

- Yer
- Bina Aralıkları (Bina Yüksekliğine Bağlı Olarak)
- Bina Yönelimi
- Bina Formu
- Bina Kabuğu Optik ve Termofiziksel Özellikleri
- Doğal Vantilasyon Düzeni

Yer: Yapının uygulanacağı konum iklim kontrolünde ve hava kirliliğini önlemede önemli bir tasarım parametresidir. Seçilen yerin yönü, arazi eğimi, konumu, bitki örtüsü ve güneş ışınlı yansıtma oranı gibi alt başlıklar tasarım parametresini etkileyen kriterlerdir (Mangan, 2006).

İklimsel koşullardan dolayı ortaya çıkacak etkilerin optimizasyonunu amaçlayarak tercih edilen doğru yer ve arazi seçimi, pasif alt sistemlerin verimliliği açısından birçok olumlu sonucu da beraberinde getirir. Bu sonuçlar; (Berköz, Küçükdoğu, Kocaaslan, & vd, 1995)

- Yapay ısıtma ve iklimlendirme ihtiyacına bağılı olarak gereksinim duyulan enerji harcamalarının minimize edilmesi sonucu hava kirliliğinin önlenmesi
- Çevreyi olumsuz etkileyen yerleşme birimlerinin kirliletiçi etkilerinin önlenmesi
- Kullanıcı konforundan ve insan sağığından ödün vermeksizin bina yoğunluğunu gerçekleştirerek arazinin rasyonel ve verimli kullanılmasının sağılanması
- Sağılıklı ve konforlu açık mekanların (park, şehir terasları, oyun ve spor alanları) bahçe-şehir anlayışı doğrultusunda şehir içine yerleştirilmesi

Bina Aralıkları: Kullanıcı konforunu ve iç mekan iklim kalitesini önemli ölçüde etkileyen güneş ışınlı ve rüzgar kuvveti, binalar arası bırakılan mesafe ve yapı yükseklikleri gibi kriterlere bağılı olarak değışiklik göstermektedir. Binalar arasındaki açıklık hesaplamaları, güneş ışınlının doğal ısıtıcı etkisinden yararlanma veya kaçınma ihtiyaçlarına göre pasif ısıtma parametresi olarak göz önünde bulundurulabilir. Cephelerde güneş ışınlımından en üst düzeyde faydalanmak için bina aralıkları, komşu yapıların oluşturduğu en uzun gölgeli alan derinliğine eşit ya da daha fazla olmalıdır (Mangan, 2006).

Yapılar arası mesafeler, güneş engeli işlevi gördüğü kadar rüzgar engeli olarak da işlev görmektedir. İhtiyaç duyulan iç rüzgar hızının sağılanabilmesi adına gerekli dış rüzgar hızı bina aralıklarına bağılı olarak değışiklik göstermektedir. Bina aralıkları azaldıkça dış tasarım rüzgar hızı ve oranı da azalmaktadır (Berköz, Küçükdoğu, Kocaaslan, & vd, 1995).

Bina Yönelimi: Kullanıcı konforunu ve yapı içi iklim koşullarını etkileyen güneş ışınlı ve rüzgar gibi dış iklim elemanları bina yönelimine göre değışiklik göstermektedir (Mangan, 2006).

Bina Formu: Ekoloji odaklı enerji etkin yapımda, tükenebilir enerji kaynaklarının kullanımını en aza indirmek için yapı formu ve yapıyı çevreleyen kabuk tasarımı önem arz

etmektedir. Yapı kabuk alanı büyüklüğü bina formunu etkilediğinden ısı kayıplarıyla da doğrudan ilişkili olarak karşımıza çıkmaktadır. Artan kabuk alanı ısı kaybını arttırırken, aynı hacmi kaplayacak basit geometrik şekillerde ısı kaybı azalmaktadır (Berköz, Küçükdoğu, Kocaaslan, & vd, 1995).

Bina Kabuğu Optik ve Termofiziksel Özellikleri: Yapıyı çevreleyen kabuğun birim alanından dış mekan hava sıcaklığı ve güneş ışıınımı etkileriyle meydana gelen ısı kayıp ve kazançlarının doğrudan etkileyen bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, iç çevre iklimsel koşullarının, yapay ısıtma ve iklimlendirme yüklerinin belirleyicisidir (Mangan, 2006).

Doğal Ventilasyon Düzeni: Kullanılan ve iç mekanda bulunan havanın, taze ve dış mekan havası ile yer değiştirmesi olayı olarak da tanımlayabileceğimiz ve hacimlerde oluşan doğal ventilasyon koşulları, sistemin özelliklerine ve dış mekan iklim koşullarına bağlıdır (Mangan, 2006).

İç mekan hacimlerinde bulunan hava sıcaklığı, nem ve yüzey sıcaklıkları gibi kullanıcı konforunu etkileyen iklimsel koşulların değerlerine bağlı olarak iç mekan kullanıcı konforunun sağlanabilmesi açısından hava hareketine ihtiyaç duyulması, sözü edilen hacimlerde hava hareketinin yaratılmasını ve bundan dolayı doğal ventilasyonu gerekli kılmaktadır (Berköz, Küçükdoğu, Kocaaslan, & vd, 1995).

4.1.3.1.2 Aydınlatma Enerjisi Korunumunda Etkili Olan Tasarım Parametreleri

Pasif bina sistemlerinin alt başlığı olan, aydınlatma enerjisi korunumunda etkili olan tasarım parametrelerini incelediğimiz bu başlık doğal ve yapay çevreye ilişkin tasarım parametreleri olmak üzere iki başlıkta incelenecektir.

➤ Doğal Çevreye İlişkin Tasarım Parametreleri

Tasarımcının ya da aydınlatma mühendisinin kontrolü dışında olan bu parametreler, yıllık süreçte ve gün içerisinde sürekli değişim göstermektedir. Buna karşın yapma çevre elemanlarına belirli özellikler kazandırılarak parametreler kontrol altına alınabilmektedir. Bahsedilen doğal aydınlatma alt sistem parametreleri şu şekildedir;

- Gökyüzü parıltı dağılımı ve aydınlığı
- Güneşin konumu, parıltısı ve aydınlık etkisi
- Yeryüzünün ışık yansıtma özellikleri
- Doğal engellerin boyut, konum ve ışık yansıtma özellikleri

Yukarıdaki ilk iki maddede geçen günışığının niteliği ve niceliğinin değişimi kontrol edilemediği için gün ışığının hacim içinde oluşturacağı görsel koşulları istenen değerlere ulaştırmada yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri kullanılmaktadır (Berköz, Küçükdoğu, Kocaaslan, & vd, 1995).

➤ **Yapay Çevreye İlişkin Tasarım Parametreleri**

Doğal çevreye ilişkin tasarım parametrelerinin aksine bu başlık altında bahsedilecek parametreler yapma çevre ile ilişkili olup mimarın ya da aydınlatma mühendislerinin kontrolü altındadırlar. Bu parametreleri şu şekilde sıralayabiliriz; (Mangan, 2006)

- Çevrede bulunan binalar ve benzeri yapma engellerin boyut, konum ve ışık yansıtma özellikleri
- Pencereilerin yönü, boyutları, biçimleri ve yerleşim düzeni
- Pencereilerin ışık geçirme özellikleri
- Hacim boyutları
- İç mekan yüzeylerinin ışık yansıtma özellikleri

Yukarıda bahsi geçen parametreler sonucu elde edilen değerler, aydınlık düzeyi, parlıltı ve renk olarak tanımlanan görsel konfor etkenlerini, belirli fotometrik büyüklüklere ulaştıracaklardır. Elde edilen bu sonuçlar, görsel konfor gereksinimleri olarak tanımlanan değerlere eşit ya da kabul edilebilir yakınlıkta olması halinde, doğal aydınlatma alt sistemini meydana getiren yapma çevre elemanlarının optimum performans gösterdikleri sonucunu bizlere sunacaktır (Berköz, Küçükdoğu, Kocaaslan, & vd, 1995).

4.1.3.2 Aktif Bina Alt Sistemleri

Akıllı bina yaklaşımıyla tasarlanacak yapılar, yapının ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılayabilmek adına öncelikle pasif iklimlendirme sistemlerini bünyesinde barındıracak şekilde dizayn edilmektedir. Bu bölümde, pasif bina sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda faydalanılmak üzere tasarlanan ve bu amaç doğrultusunda günden güne gelişen aktif bina alt sistemleri aşağıda belirtilen başlıklar çerçevesinde incelenmiştir (Mangan, 2006).

- HVAC Sistemleri (Heating-Ventilating-AirConditioning)
- Elektriksel Güç Sistemleri
- Aydınlatma Sistemleri

- Asansör Sistemleri
- Yangın Güvenlik Sistemleri
- Giriş Kontrol ve Güvenlik Sistemleri
- Haberleşme Sistemleri
- Enerji Yönetimi ve İzleme Sistemleri

4.1.3.2.1 HVAC Sistemleri

Gelişen teknoloji ile birlikte yapılarda amaçlanan enerji tasarrufunun ve sistem veriminin artırılması göz önünde bulundurularak, yapılarda faydalanılan iklimlendirme sistemlerine olan talep artmaktadır. Yapıların iklimlendirme sistemlerini bünyelerinde bulundurmasının da ötesinde, günümüz koşullarında genel eğilim, merkezi sistemlerden bireysel kontrol sağlayabilen sistemlere doğru ilerlemektedir (Mangan, 2006).

Taze hava, ısıtma, soğutma ve nem kontrolünün hepsini veya birini sağlamak amacıyla yapılarda faydalanılan ekipmanları, dağıtım ağlarını ve terminalleri ifade eden HVAC sistemlerinin yapılardaki başlıca amacı, iç mekan birimlerinde istenilen hava ve ortam koşullarını sağlamak, korumak ve bu sayede kullanıcı verimliliğini arttırmaktır (Öztürk, Atalay, & Yılancı, 2005).

Yapıların iç mekan ısısal konforunun sağlanabilmesi için faydalanılan sistemlerden olan HVAC sistemlerinin tercih edilmesindeki en önemli sebeplerden biri enerji etkin yapı tasarımında başlıca hedef olan enerji tasarrufunu sağlayabilmesidir. HVAC sistemleri, gün içerisinde yapıya etki eden dış mekan iklim koşullarına karşılık iç mekan sıcaklığını dengede tutmayı sağlayan birimler, sensörler, termostatlar ve bilgisayarlar ile mekânsal konforu optimum seviyelerde tutma yeteneğine sahip sistemlerdir (Kılıçaslan, 2004).

HVAC sistemleri, yapı içerisinde bulunan kapalı bir mahalin, iç mekan sıcaklığının, nem oranının ve hava sirkülasyonunun, dış mekan iklim koşullarında bağımsız olarak denetlenmesini ve kontrol edilebilmesini sağlamaktadır (Mangan, 2006). Enerji tasarrufu açısından diğer sistemlerle bütünleşik olarak çalışabilen HVAC sistemleri, otomatik pencereler, trombe duvarlar ve interaktif cephe sistemleri ile birlikte kullanıldığında enerji tasarrufuna yarar sağlamaktadır (Çetin, 2002). HVAC sistemleri ile yapı içerisinde kontrol edilebilen ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, ışık ve gölge ayarlanması desteği ile bina içerisindeki ısı denetim seviyesini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra yapım esnasında

uygun malzeme seçimi de bina iklimlendirme sorunlarını olumlu yönde etkileyerek minimuma indirmektedir (Kılıçaslan, 2004).

Yapılarda bulunan birimler arasındaki kot ve cephe farklılıkları ile fonksiyon çeşitliliği sonucu farklı iç mekan iklim koşullarına sahip olan mekanlar aynı anda farklı konfor şartlarına ihtiyaç duymaktadır. Bu farklılar sonucu enerji tasarrufu sağlanabilmesi açısından yapı, zonlara ayrılarak her zonun ayrı ayrı analizi yapılır. Bu zonların sayısı iklim, yükseklik, yön, rüzgar ve birim işlevi gibi parametrelere bağlıdır. Bu parametrelere karşın HVAC sistemlerinin her bir zon için sağlaması gereken şartları şu şekilde sıralayabiliriz; (Mangan, 2006)

- Zon Konfor Sıcaklığı
- Uygun nem oranı
- Optimum Sirkülasyon Hava Değişimi
- Optimum Taze Hava Miktarı
- Zonların Basınçlandırılması
- Optimum ses seviyesi

4.1.3.2.2 Elektriksel Güç Sistemleri

Yapının ve yapı kullanıcılarının aktivitelerini meydana getirebilmeleri ve sürekli olarak gerçekleştirebilmeleri açısından elektriksel güç sistemlerinin, ulusal kaynaklardan bağımsız olarak kesintisiz bir şekilde çalışması büyük önem arz etmektedir.

Elektriksel güç sistemleri bünyesinde bulunan kesintisiz güç kaynakları, özellikle bilgi işlem sistemlerinde ve kişisel bilgisayarlarda, ulusal kaynaklardan dolayı oluşan şebeke arızaları sonucu meydana gelebilecek veri kaybının önüne geçmekte ve yapıda bulunan cihazların şebekeden gelebilecek olası bozucu elektriksel etkilere karşı korunması amacıyla kullanılmaktadır. Şebeke odaklı güç kesintisinden etkilenebilecek sistemler, kesinti esnasında KGK'nin (Kesintisiz Güç Kaynakları) devreye girmesi ile güvenli şekilde korunmakta ve kapatılabilmektedir (Mangan, 2006).

Akıllı binalarda gereksinim duyulan Kesintisiz Güç Kaynaklarının kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir; (Mangan, 2006)

- Bilgisayarlar ve bilgisayar destekli otomasyon sistemleri
- Haberleşme ve yayın kuruluşları

- Asansörler
- Elektronik kapılar
- Acil durum aydınlatmaları ve ısıtma cihazlar
- Soğutma cihazları

4.1.3.2.3 Aydınlatma Sistemleri

Günümüz koşullarında harcanan elektrik enerjisinin %35'i konut yapılarında ve hizmet sektöründe kullanılmaktadır. Tüm dünya ülkelerini incelediğimizde ise bu oran %40 civarında karşımıza çıkmaktadır. Konut yapıları ve hizmet sektöründe harcanan elektrik enerjisinin %60'ı sadece aydınlatma ihtiyacında kullanılırken bu oran Türkiye'de tüketilen enerjinin %21'ini oluşturmaktadır (E.İ.E İdaresi, tarih yok).

Enerji etkin odaklı tasarlanan akıllı binalarda kullanılan iç mekan aydınlatma sistemlerinde enerjinin etkin kullanımı için göz önünde bulundurulacak değişkenler şu şekildedir; (Mangan, 2006)

- Yapay aydınlatma sisteminin seçimi
- Lamba, aygıt ve yardımcı araçların seçimi
- Aygıtların yerleştirilme yükseklikleri
- Hesaplamalardaki doğruluk payı
- Kullanılan programlar
- Bakım faktörü

4.1.3.2.4 Asansör Sistemleri

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte mimarlık pratiğinin elverdiği barınma imkanları da gelişim göstermiştir. Çok katlı yapıların tasarlanmasıyla birlikte ortaya çıkan düşey taşıyıcı ihtiyaçları sonucu yeni arayışlar meydana gelmiştir. Çok katlı yapılarda kullanıcı ve yüklerin üst katlara ulaşım ihtiyacı ilk başlarda merdiven ile karşılanırken takip eden süreçte zahmetli hale gelmiş ve mekanik taşıma sistemlerine talep artmıştır. Endüstriyel devrim ile birlikte 1875 yılında New York'da E.V. Haughwout & 78 Company'e ait ilk yolcu asansörü tesis edilmiştir. Bunu 1853 yılında E.G. Otis'in geliştirdiği halatlı asansör takip etmiştir (Mangan, 2006).

Mekanik taşıma sistemi olarak hayatımıza dahil olan asansör birimlerine olan ihtiyacın gelecek yıllarda artacağını göz önünde bulundurduğumuzda teknolojik gelişmeler ve artan

kullanıcı beklentilerini karşılayabilmek üzere yapılacak tasarımlarda, enerji verimliliğini arttırmak, ulaşabileceği kat sayısını arttırmak, çalışma prensibine yönelik yeni yaklaşımlar oluşturmak, kullanıcı ihtiyacına yönelik kolaylıklar sağlamak, bina içinde kapladığı alanı asgari ölçülere düşürmek, tüm kullanıcılar tarafından kolay ulaşılabilir ve kullanılabilir kılmak ve güvenliği artırıcı çözümler oluşturmak göz önünde bulundurulması gereken başlıklar olarak karşımıza çıkmaktadır (İmrak, 2002)

4.1.3.2.5 Yangın Güvenlik Sistemleri

Yangın esnasında asıl amaç, yapı kullanıcılarının can güvenliğini sağlamak, yangının etrafa yayılma ihtimalini engellemek ve maddi kayıp ve fiziksel hasarları minimum düzeyde tutmaktır. Planlama hatası, verimli işlemeyen yangın çıkışları, devreye girmeyen veya geç kalan alarm sistemleri, yetersiz havalandırma sistemleri, sprinkler sistemi ve yangın söndürme cihazlarının yetersizliği, işçilik ve kullanıcı hataları, bilinçsiz davranışlar ve dalgınlıklar gibi etkenler can ve mal güvenliğini tehlikeli boyutta tehdit edebilen yangın sorununa karşı alınan önlemlerin yetersiz kalmasında önemli yer tutmaktadır. Yangın Güvenlik Sistemleri ile uygulanan birtakım yöntemler ve kullanılan elemanlar, yangının oluşma olasılığını azaltabilir veya yayılmasının önüne geçebilir (Mangan, 2006).

4.1.3.2.6 Giriş Kontrol ve Güvenlik Sistemleri

Gelişen teknoloji ve değişen kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda önemi git gide arttıran ve akıllı bina alt sistemlerinin yükselen değerlerinden biri olan güvenlik sistemleri, akıllı binaların bünyesinde bulundurduğu diğer elektronik alt sistemlerle entegre şekilde çalışmalı ve yapıya dahil olmalıdır (Mangan, 2006).

Akıllı binalarda tartışmasız olarak kabul edilen güvenlik sistemlerinin entegrasyonu ve bu sistemlerin tek merkezden kontrolü ile uygulanan başlıca güvenlik sistemleri turnikeli kontrol sistemleri, kartlı geçiş sistemleri, kapalı devre televizyon sistemleri (CCTV), hırsız alarm sistemleri, metal kapı ve X-Ray cihazları olarak sıralanabilir (Bektaş, 2002)

4.1.3.2.7 Haberleşme Sistemleri

Günümüz koşullarında akıllı bina sistemleri bünyesinde geniş alan haberleşme ihtiyacı birçok organizasyon açısından hayati öneme sahip hale gelmiştir. Bu ihtiyaç doğrultusunda kullanılan yöntemler; ekonomik boyut, kullanılabilirlik, iletilmek istenen data türü ve miktarı, datanın güvenli şekilde ve doğru zaman aralığında iletilmesi gibi faktörler ile doğrudan bağlantılıdır. Geniş alan haberleşme ihtiyacını karşılayacak sistemlerin, organizasyon içerisinde önemli işleve sahip noktalarda, ana haberleşme metotlarında

oluşabilecek olası problemlere karşın yedekleme sistemleri hazır halde bulundurulmalıdır (Mangan, 2006).

Geniş alan haberleşme ihtiyacını bünyesinde bulundurduğu akıllı sistemler ile karşılamak isteyen yapılarda; uydu kullanımı ve mikrodalga haberleşmeler, bilgisayar entegreli telefon, kablosuz telefon, TV ve görüntü dağıtımı kablolama sistemleri gibi alt sistemler bulunmaktadır (MMO, 2003).

4.1.3.2.8 Enerji Yönetimi ve İzleme Sistemleri

Sürdürülebilir yapımın ve akıllı bina sistemlerinin ortak noktası olan enerji verimliliği sonucu ortaya çıkan enerji yönetimi ve izleme sistemleri ile hedeflenen amaç enerjinin etkin ve akıllıca kullanımı sonucu minimum maliyet ile maksimum fayda elde etme çabasıdır.

Akıllı binaların alt sistemlerinden biri olarak bünyesinde bulunan enerji yönetimi ve izleme sistemleri; enerji yönetimi, enerji ölçme sistemleri, izleme sistemleri, bilginin dağıtılması ve depolanması, bilgiye kolay ulaşım ve enerji sistemlerinin güvenilirliği gibi konu başlıklarını kapsamaktadır (Mangan, 2006).

Yapı yaşam döngüsü boyunca ele alınabilecek olan enerji yönetimi, tasarım aşamasından başlayarak, inşaat, devralma ve kullanım aşamalarında da kontrol edilebilmektedir. Enerji tüketimi ve ortaya çıkan ekonomik giderler, akıllı yapılarda direkt faaliyet konusu kapsamında kullanılan enerjiden çok yardımcı sistemler olan HVAC ve aydınlatma sistemlerine bağlılığından dolayı teknik işletmede alınacak tedbirler ve yapılacak planlamalar yapılarda enerji yönetiminin temelini oluşturmaktadır (Mangan, 2006).

Sürdürülebilir yapım yöntemleri ve akıllı bina sistemleri perspektifinden bakıldığında ideal planlama, enerji yönetiminin ilk yatırım ve tasarım kararları ile başlamasıdır. Yatırım ve tasarım kararları, yapının 10 yıllık giderlerini göz önünde bulundurarak doğru planlandığında işletme giderlerinde yatırımcı ve kullanıcı lehine ciddi farklılıklar görülmektedir (Mangan, 2006).

4.1.4 Akıllı Binalar ve Sürdürülebilirlik

İnsanlık tarihi boyunca bireylerin barınma ihtiyacına çözümler üreten mimarlık pratiğine yirminci yüzyılın sonlarında dahil olan “sürdürülebilir” ve “akıllı” kavramlarının sürdürülebilir yapım anlayışında sık sık bir arada kullanıldığı görülmektedir. Fakat oluşan bu birliktelik tasarımcıları ve kullanıcıları, akıllı bina ve sürdürülebilir bina kavramlarının

aynı anlamı taşıdıkları yanlışlığına düşürmemelidir. Bir yapının sürdürülebilir olması için akıllı sistemlere sahip olma mecburiyeti olmadığı gibi teknolojik yenilikler doğrultusunda sürekli gelişen akıllı sistemlerin varlığı da bir yapıyı sürdürülebilir olarak tanımlamak için tek başına yeterli olmayacaktır.

Akıllı olarak tanımlanan yapılarda; ısıtma, soğutma, iklimlendirme, aydınlatma, yangın, güvenlik gibi birçok sistem maksimum verim sağlanacak şekilde merkezi bir sistem tarafından yönetilmektedir. Buna karşın söz konusu sistemlerin maksimum verim sağlaması, kaynakların yoğun olarak kullanımı gereksinimi doğurmakta ve bu gereksinim de çevresel kirliliği olumsuz anlamda katkı sağlamaktadır. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için gerekli kaynakları tüketmeden, doğal ve temiz bir çevre bırakabilmek için birbiri ile çelişen bu iki durumun dengeli şekilde ilerleyebilmesi ancak sürdürülebilir anlayış ile mümkün olacaktır (Civan, 2006).

Sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilen akıllı bina sistemlerinin enerji verimliliğine olan katkısı oldukça dikkat çekicidir. Doğal çevreye ve doğal kaynaklara zarar vermeyen, tükenebilir kaynak kullanımı yerine yenilenebilir doğal kaynakları tercih eden, geri dönüşüme ve yeniden kullanıma önem veren ve yapımında doğayla uyumlu malzeme tercih edilen yapılar, sahip oldukları bu özellikleriyle akıllı binanın sürdürülebilir tasarımıyla ilgili ihtiyaçlarına cevap vermektedir (Karıptaş & Karadıñoğulları, 2015).

Kullanıcı konforunu ve yaşam kalitesini arttırmak üzere günden güne gelişen teknolojik yenilikler için doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı dolaylı yoldan çevre sorunlarına yol açmış ve kullanıcı konforunu olumsuz etkilemiştir. Gelişen teknolojinin yapım sektörüne entegrasyonu ile birlikte insanların yaşam kalitesini yükseltmek hedeflenirken aynı zamanda doğal çevreyi ve kaynakları korumaya yönelik önlemler alma gereksinimi akıllı bina ve sürdürülebilir yapım anlayışının bir arada düşünülmesi farkındalığını oluşturmuştur.

Dünya geneli meydana gelen teknolojik gelişmeleri toplumsal ölçekte incelediğimizde bu gelişmelerin olumlu etkilerinin yanı sıra çevre kirliliği ve kaynakların tükenme tehlikesi gibi problemleri de beraberinde getirdiği sonucuna ulaşmaktayız. Teknolojik gelişmelere ve artan insan nüfusuna paralel olarak gereksinim duyulan enerji ihtiyacı da artarken enerji kaynaklarının hızla tükenmekte olması, fosil yakıtların tercih edilmesi sonucu ortaya çıkan yüksek karbondioksit oranı ve bu sebepler sonucu meydana gelen iklim krizleri toplumları başta yapım sektörü olmak üzere her sektörde üretim ve tüketim anlayışlarını güncellemeye yöneltmiştir. Sanayi devrimi ve dünya savaşları sonrası yirminci yüzyılın

sonlarında kendini iyice göstermeye başlayan enerji sorunu, enerji tüketimini minimuma indirmeyi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını amaçlayan tasarım ve yapım yaklaşımının önemini arttırmıştır (Karıptaş & Karadişoğulları, 2015).

Birçok tanımı olmasına rağmen çok azında yapının dahil olduğu çevreyle uyumundan söz edilen akıllı bina kavramı ve tanımlamaları da sürdürülebilir yaklaşımlarla birlikte değişime uğramıştır. Bunun sebebi olarak dahil olduğu doğal çevreye uyuşmayan teknolojik donanımlara sahip bir yapı öncelikle çevresine sonrasında ise dolaylı olarak kendisine zarar verecektir. Akıllı sistemleri bünyesinde bulunduran yapılar için sürdürülebilirlik ve ekolojik tasarım kriterleri önemli ölçüde tamamlayıcı kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğru yapım anlayışını inceleyecek olursak akıllı binaların ekolojik yönü vurgulaması gerektiği sonucuna ulaşabiliriz (Karıptaş & Karadişoğulları, 2015).

Yukarıda bahsedilen tanımlamalardan yola çıkarak akıllı ve sürdürülebilir yapım kriterlerini şu şekilde özetleyebiliriz; (Kılıçaslan, 2004)

- 21. yüzyılın akıllı bina çözümlerinde, binaların çevreye verdikleri olumsuz etkilerini en aza indirebilmek için sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenmelidir.
- Teknolojiyi doğaya hükmetmek, gücü ve zenginliği vurgulamak aracı haline getiren anlayışın yerini, teknolojiyi insanlığın doğayla ilişkilerini uyumlu hale getirecek anlayış almalıdır.
- Bir taraftan temiz enerjilerden yararlanmaya öncelik tanırken, diğer taraftan fosil tabanlı enerji kullanılan alanlarda, enerji verimini artırarak enerji tasarrufu sağlamayı hedefleyen “sürdürülebilir/enerji etkin tasarım” yaklaşımları önem kazanmalıdır.
- Bina kabuğunun enerji korunumu yükseltilmeli, güneşten, doğal havalandırma-aydınlatmadan, binayı gereksiz ısı kazancı ve kaybına karşı koruyacak pasif denetim imkanlarından yararlanılmalıdır.
- Isı ve elektrik ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisiyle binanın ve kullanılan suyun ısıtılması, güneş pillerinden elektrik elde edilmesi gibi temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya öncelik verilmeli, mekanik ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme (HVAC) ve yapay aydınlatma sistemlerinden yalnızca destek sistemler olarak yararlanılmalıdır.

- HVAC, yapay aydınlatma, elektrik sistemler, asansör, yürüyen merdivenler, sıhhi tesisat gibi enerji tüketen tüm bina sistemlerinin enerji etkin tasarlanmasına, düşük sarfiyatlı ürün kullanılmasına önem verilmelidir.
- Çevreye ve insanlara zarar vermeyen, sınırlı kaynaklara sahip olmayan malzemeler tercih edilmeli, uzun ömürlü, onarımı ve yenilenmesi kolay, üretim aşamasında daha az enerji gerektiren, yeniden kullanıma girebilen dönüşümlü malzeme, bileşen kullanılmalı, nakil için gereken enerjiden tasarruf amacıyla yerel olarak mevcut malzemelere öncelik verilmelidir.
- Bina ve çevre tasarımında suyu israf etmeyecek, su tüketimini azaltacak uygulamalardan yararlanılmalıdır. Örneğin, çevre düzenlemelerinde daha az bakım, daha az su gerektiren bitki dokusu tercih edilmeli, su ekonomisi yapan sıhhi tesisat malzemesi kullanılmalı, yağmur suları, kullanılmış atık sular depolanmalı, arıtılarak bahçe sulamasında ya da tuvalet temizliğinde kullanılmalıdır (Boduroğlu & Kariptaş, 2010).

4.2 Akıllı Bina Cephe Sistemleri

Tarihsel süreç içerisinde çevresel koşullara uyumlu şekilde yaşamlarını kuran ve sürdüren insanoğlunun yerleşik hayat düzeniyle birlikte çevreye verdiği tahribatlar artarken endüstri devrimi sonrası fosil yakıt kullanımının artmasıyla birlikte bu tahribatlar küresel bir sorun haline gelmiştir. 1970'lerde yaşanan petrol ve enerji kriziyle birlikte yenilenemez enerji kaynaklarının tükenme tehlikesiyle karşı karşıya gelen insanoğlu yapı sektörü başta olmak üzere birçok alanda yenilenebilir enerji kaynak tercih edilmesi ve enerjinin daha etkin şekilde kullanılması üzerine çalışmalar yapmıştır (Okumuş, 2020).

Endüstri devrimi öncesi yapılarda uygulanan cephe tasarımları, o günün şartları doğrultusunda eldeki malzeme ve imkanlarla, enerji korunumu da öncelikli olacak şekilde tasarlanmıştır. Endüstri devrimi sonrası meydana gelen teknolojik atılımlar sonucu artan üretim hızı, gelişen sanayi ve malzeme çeşitliliği ile yapı cephelerinde uygulanan tasarımlar değişime uğrayarak, yapıların çevresel etkileri ve kullanıcı konforu göz ardı edilmiştir. Yirminci yüzyılın son çeyreğine gelindiğinde ise ortaya çıkan petrol kriziyle birlikte, fosil kaynaklı enerji tüketimini azaltmak için endüstri devrimi sonrası kabul gören tasarım anlayışının yeniden gözden geçirilmesi gerektiği, kullanıcı konfor koşullarının daha az enerji tüketerek ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarıyla karşılanması gerekliliği anlaşılmıştır (Altın & Orhon, 2014).

Akıllı binalarda uygulanan cephe sistemleri ile stabil ve dış etkenlerden korumaya yönelik geleneksel tasarım yöntemlerinin aksine cephe uygulamaları, dış etmenlere ve/veya kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik değişim gösterebilen hareketli ve esnek yapı elemanı özelliği kazanmıştır. Dünya genelinde enerji tüketiminin büyük bir kısmına sahip olan yapılarda en büyük alana sahip olan cepheler için yenilenemez ve çevreye zararlı fosil kaynaklar yerine yenilenebilir ve daha az enerji tüketen enerji kaynaklarından maksimum fayda sağlayabilen, çevresel değişimlere tepki verebilen akıllı yapı cephe tasarımları mimarlar tarafından öncelik olarak görülmeye başlanmıştır.

Teknolojik gelişmelerin mimarlık pratiğini de olumlu yönde etkilemesi sonucunda günümüzde çok farklı özellikleri bünyesinde barındırabilen akıllı bina cephe tasarımlarıyla karşılaşmaktayız. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak enerji üretmeleri, mekanda meydana gelebilecek ısı kazanç ve kayıplarını dengelemeleri, kendini ve/veya havayı temizlemeleri gibi özellikler akıllı bina cephe tasarımlarının en bilinen örnekleridir. “Değişen fiziksel etmenlere karşı, optimal bir yapıya dönüşebilme yetisi” olarak da tanımlayabileceğimiz akıllı cephe kavramı, fonksiyonel, estetik, ekonomik olma gibi mimari değerlendirme ölçütlerinin yanında, günümüz mimarlık çalışmalarında sıkça duyduğumuz sürdürülebilirlik ve ekoloji ölçütlerine yönelik olarak da yapı tasarımını büyük ölçüde etkileyen bir kavram haline gelmiştir (Bilgiç, 2002).

Akıllı bina cepheleri olarak tanımlanan sistemler, değişkenlik gösteren dış ortam koşullarına cevap vererek mekan içerisinde kullanıcı konforu için gerekli ışık, ısı, ses ve hava kalitesini en üst seviyede sağlarken enerji kullanımını minimum seviyede tutabilen sistemlerdir (Okumuş, 2020). Akıllı cephe sistemlerinin çevresel koşullara ve dış etmenlere cevap verebilmesi için akıllı birtakım özellikleri ya da fonksiyonları bünyesinde barındırması veya akıllı malzemelerle inşa edilmiş olması gerekmektedir (Altın & Orhon, 2014).

1970 yılında Negroponte tarafından ortaya atılan “çevresel koşullara yanıt veren mimarlık (Responsive Architecture)” kavramı ile ilk kez geleneksel yapı kavramının sınırları aşılarak “çevresel koşullara değişerek uyum gösteren mimarlık (Adaptive Architecture)” fikri ortaya çıkmıştır. Jean Nouvel tarafından 1981-1987 tarihleri arasında Paris’te inşa edilen Arap Dünyası Enstitüsü (Enstitute du Monde Arap), kendini çevresel koşullara uyarlayan ilk akıllı yapı cephesi örneği olarak karşımıza çıkmaktadır (Orhon, 2012). Bu akıllı bina cephe uygulamasında, güneşten gelen ışığa bağlı olarak elektropnömatik

sistemle kontrolü sağlanan 30.000 adet alüminyum malzemeli mekanik diyafram kullanılarak gün ışığının iç mekana kontrollü girişi sağlanmıştır (Orhon, 2013).

Yapım sektöründe enerji etkin yapı tasarım ilkesinin gelişmesiyle birlikte yapılarda kullanıcı konforundan ödün vermeden enerjiyi verimli kullanan sistemlerin kabul görmesi sonucu yapının doğal ve yapay çevre ile arasında köprü görevi gören akıllı cephe sistemleri birçok farklı özellikte gelişim göstermiştir.

4.2.1 Tabakalı Cephe Sistemleri

Yapı kabuğunun büyük çoğunluğunu oluşturan cepheler temelde iç mekan ve dış mekan arasında bariyer görevi görürken kullanıcı konforunu ve iç mekan yaşam kalitesini koruma işlevini üstlenmektedir. Akıllı bina cephelerinde tabakalı cephe sistemleri tek tabakalı ve çift tabakalı cephe sistemleri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

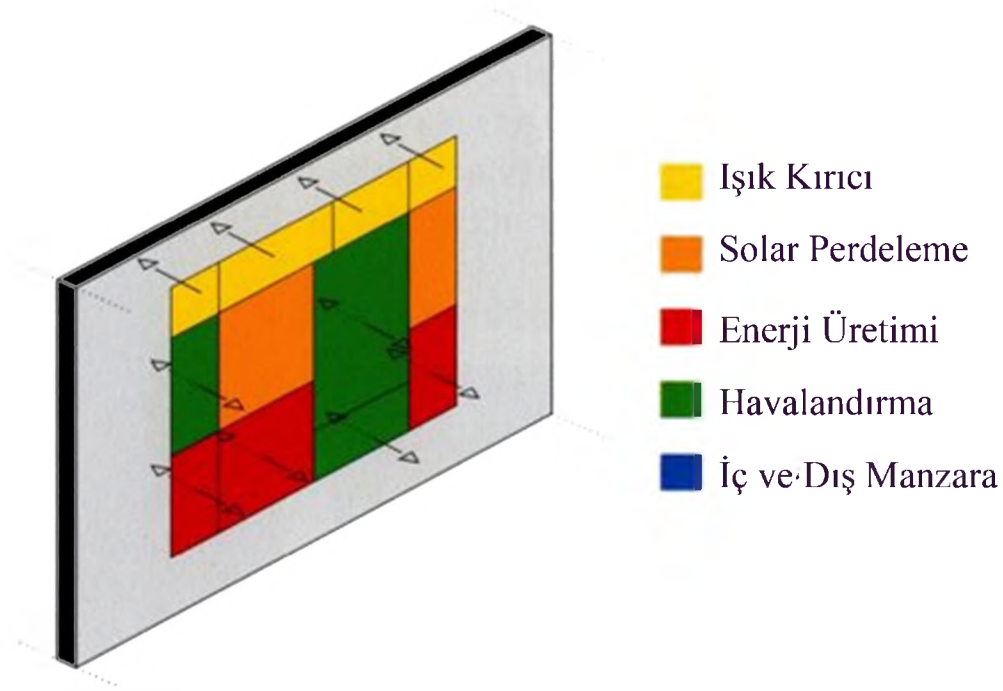
Tablo 4.1: Tabakalı Cephe Sistemleri (Erturan, 2010)

Tek Tabakalı Cepheler	Basit Cepheler	
	Giydirme Cepheler	Dıştan Gölgelemeli Cepheler
		İçten Gölgelemeli Cepheler
		Cam Tabakaları ile Entegre Gölgelemeli Cepheler
Çift Tabakalı Cepheler	Çift Doğramalı Cepheler	
	İçten Uygulanan Çift Tabakalı Cepheler	
	Çift Kabuk Cepheler	Hava koridorunun havalandırılma şekline göre
		Hava koridorunun bölgelendirilmesine göre

4.2.1.1 Tek Tabakalı Cepheler

Tek tabakalı cepheler doğal aydınlatma ve doğal havalandırmayı optimum derecede kullanarak yapı cephesinden kaynaklanan istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını önlemek için tercih edilmektedir (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018). Tek tabakalı cephe sistemlerinde, havalandırma, solar kontrol, enerji kazanımı veya ışık kırma fonksiyonlarına sahip elemanlar genellikle birbirine bitişik olarak düzenlenmektedir. Bu elemanların her biri,

fonksiyonuna uygun olarak diğerlerinden farklı şekilde tasarlanabilir ve konumlandırılabilir (Erturan, 2010).



Şekil 4.5: Tek Tabakalı Cephelerde Cephe Elemanlarının Dizilişi (Hausladen, Liedl, & Saldanha, 2008)

Tek tabakalı akıllı cephe sistemlerinde talep edilen düzeyde ışık ve ısı kontrolünün karşılanabilmesi için kullanılan camın türü ve kalınlığı, tabaka sayısı, tabakalar arasında bulunan mesafe, ara dolgu gazı, cam yüzeyinde tercih edilen kaplama malzemesi ve güneş kontrol elemanının çeşidi ve konumu gibi parametreler büyük önem teşkil etmektedir (Okumuş, 2020). Tek tabakalı cephelerde kompozit, seramik, terracotta, cam ve gazbeton gibi malzemeler kullanılmaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Tek tabakalı cepheler, basit cepheler ve giydirme cepheler olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir.

4.2.1.1.1 Basit Cepheler

Basit cephe sistemlerine sahip yapılarda tuğla, gazbeton, taş gibi malzemeler kullanılmakta ve cepheler orijinal formunda bırakılmaktadır. Basit cephe sistemlerinde havalandırma ve aydınlatma gereksinimi yapı açıklıkları ve pencere elemanları ile karşılanmaktadır. Pencerelerin iç veya dış kısımlarına entegre edilen güneş kırıcı paneller ile güneş ışınlarının mekana girmesi engellenerek güneşten korunum sağlanmakta ve bu sayede iç mekan kullanıcı konforu sağlanmaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Basit cephe sistemlerin uygulanması diğer cephe sistemlerine kıyasla daha ekonomik olup bakım ve temizlik maliyetleri düşüktür. Hausladen (2008), basit cephelerin tasarım kriterlerini Tablo 4.2’de ki gibi özetlemiştir.

Tablo 4.2 Basit Cephe Tasarım Kriterleri (Hausladen, Liedl, & Saldanha, 2008)

Yapım	Strüktürel cepheler Betonarme binalar Kagir binalar Ahşap-dikme yapımlar	Uygulama Alanları	İdari binalar Konut binaları Düşük rüzgar hızı olan yerleşimler Düşük ses yükü olan yerleşimler
İstima Enerjisi İhtiyacı	Düşük ısı geçirgenlik değeri Cephenin iç yüzeyinde yüksek yüzey sıcaklığı Isı köprülerinden dolayı problem Düşük solar kazanç	Havalandırma	Kış aylarında termal konforsuzluk ($T_a < 5$ Co) Yaz aylarında ısı girişi ($T_a > 24$ Co) Pencere üzerindeki rüzgar gücü Odadan odaya koku geçişi yoktur
Mekan İklimlendirmesi	Daha küçük pencere alanı oranı Harici solar perdeler rüzgara maruz kalır Termal depolama kitlesi masif konstrüksiyon ile kullanılabilir.	Gün Işığı	Dışarıda parlamayı önleyici eleman gereksinimi Karanlık oda köşeleri oluşabilir Genellikle pencereler sövelidir Daha derin pencere pervazları Cam aracılığıyla yüksek ışık iletimi
Ses Yalıtımı	Pencere havalandırması nedeni ile ses izolasyonu düşüktür Pencereler kapalı iken ses izolasyonu yüksektir Cephe aracılığıyla odadan odaya ses geçişi düşüktür	Fonksiyonel Özellikler	Doğrudan manzara Düşük temizleme maliyeti Düşük bakım maliyeti Modifiye edilmesi veya tadilatı zordur
Avantajlar	Pencereler kapalı iken ses izolasyonu yüksektir. Doğrudan manzara imkanı vardır Temizleme maliyeti düşüktür Bakım maliyeti düşüktür	Dezavantajlar	Doğal havalandırma konforlu olmayabilir Harici solar perdeler rüzgara maruz kalır.

4.2.1.1.2 Giydirme Cepheler

19.yüzyılın başlarında cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan cam ve çelikten üretilen giydirme cephe sistemleri, gelişen teknolojiyle birlikte cephe kaplama özelliğinin dışında işlevler de yüklenerek kullanılmaktadır. Giydirme cephe sistemleri, mekanın aydınlatılması, güneşten korunma, ısıtma-soğutma, havalandırma gibi işlev kazanımları sonucu gelişmiş ve akıllı giydirme cephe sistemlerine dönüşmüştür (Begeç & Savaşır, 2004).

Giydirme cephe sistemleri yapının taşıyıcı elemanlarına monte edilen ankraj elemanları, ankraj elemanlarına monte edilen alt konstrüksiyonlar ve cephe kaplama malzemelerinden oluşmaktadır. Taşıyıcı duvar görevi görmeyen giydirme cephe sistemleri, cephe yükünü yardımcı elemanlarla kolonlara aktarmaktadır. Yalıtım açısından yapıdan bağımsız düşünülen giydirme cephe sistemleri, binalarda %70 oranında enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Bu sistemlerde, cephe ile yapı arasında bırakılan boşluk ile hava sirkülasyonunu sağlanmaktadır. Giydirme cephe sistemlerinde faydalanılan saydam malzemeler ile doğal aydınlatma ihtiyacı karşılanırken cepheye içten veya dıştan monte edilen güneş kırıcı elemanlarla da güneş korunumu sağlanmaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Giydirme cephe sistemleri yapısal özelliklerine göre incelendiğinde, ızgara konstrüksiyon (çubuk sistem) ve panel konstrüksiyon olmak üzere iki gruba ayrılır. Bağlantı çeşidine göre incelendiğinde de iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar klasik kapaklı sistem ve strüktürel silikon giydirme cephe sistemidir (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Izgara Konstrüksiyon Cephe Sistemleri: Günümüz yapılarında ızgara sistemler, sahip olduğu modüler yapı, üretim-montaj pratikliği ve tasarım çeşitliliği gibi olumlu özellikler ile mimarlar tarafından sıkça tercih edilmektedir. Bu cephe sistemlerinde ankraj elemanları yapının kolon veya kirişlerine belirli aks aralıkları ile sabitlenerek monte edilir. Montaj esnasında ilk olarak düşey daha sonra yatay profiller takılır. Kabuk malzemesi de profil montajı sonrası içten veya dıştan takılır. Kabuk malzemesi olarak sıklıkla kompozit, cam, seramik gibi malzemeler tercih edilmektedir.



Şekil 4.6: Izgara Sistem  rneği-Flekkefjord Kültür Merkezi (Wicona)

Panel Konstrüksiyon Cephe Sistemleri: Izgara sistemlere göre daha maliyetli olan bu sistemde modülleri oluşturan bütün bileşenler fabrika ortamında kontrollü bir şekilde üretilir ve şantiyeye gönderilerek montajı yapılır. Izgara sistemlerin yerine yüksek katlı yapılarda tercih edilen panel cephe sistemlerinde yatay ve düşey profillerden oluşan ızgaralar önceden binaya ankre edilmez. Genellikle kat yüksekliğinde ve yatayda bir kaē yatay bölmeden oluşan tek bir panel, yatay ve düşey profilleri de iēeren, cam ve kompozit profil de üstünde olacak şekilde fabrika ortamında oluşturulur ve binaya hazır olarak monte edilir (Yalıtımlı Alüminyum).



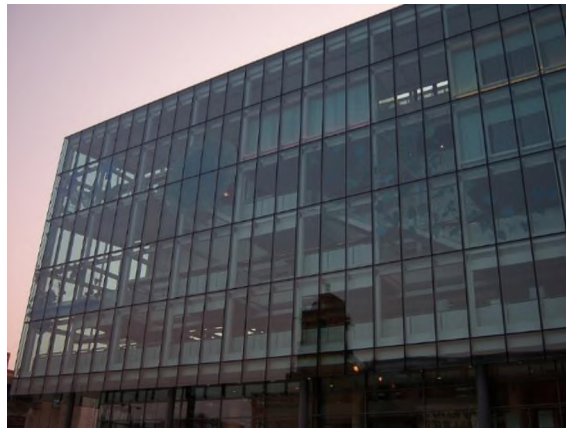
Şekil 4.7: Panel Cephe  rneği-8 Central Link Binası (Reynaers Aluminium)

Klasik Kapaklı Cephe Sistemleri: Alüminyum, çelik ve cam malzemelerinin bir arada uygulandığı dış cephe giydirme sistemidir. Göze hoş gelmesi ve ekonomik olması açısından sık tercih edilen bu giydirme sisteminde cephede profiller belirgin olup yatay ve dikey çizgiler hakimdir. Çelik veya alüminyum ankrajlar aracılığıyla sistem betonarme döşeme ile birleştirilir. Yapı şekli ve yapının bulunduğu alandaki rüzgar kuvveti gibi veriler hesaplanarak kullanılacak malzeme özeti çıkarılır. Üretim ve montaj işlemi tamamlanır. Yalıtım malzemeleri uygulandıktan sonra dış kısımda kapaklar kullanılır ve camların arasına uygun fitiller kullanılır (Doruk Alüminyum).



Şekil 4.8: Klasik Kapaklı Cephe Sistem Detayı (Doruk Alüminyum)

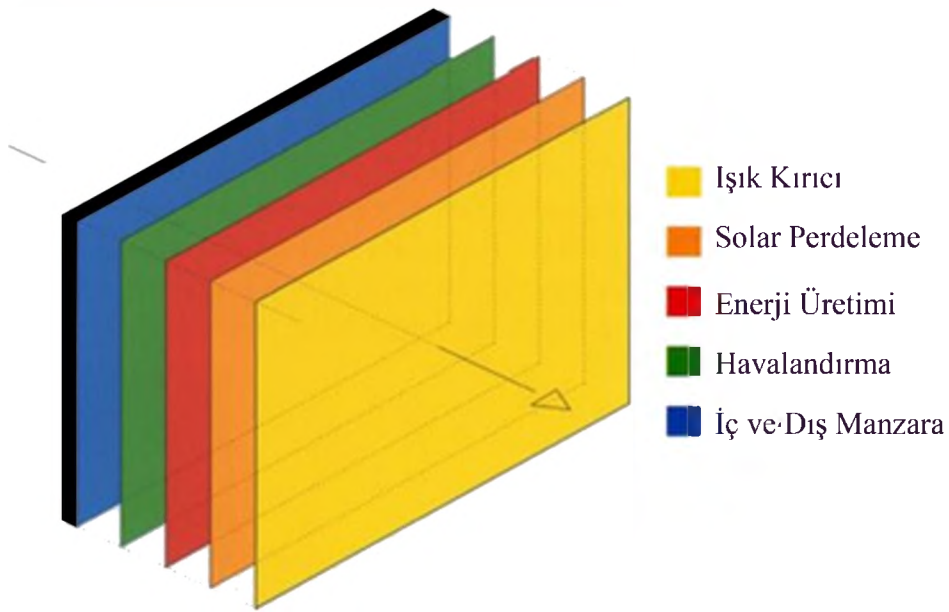
Strüktürel Silikon Cephe Sistemleri: Bu sistemde cam malzemesi, bina taşıyıcı sistemine monte edilmiş yatay ve düşey profillere strüktürel silikonla yapıştırılmaktadır. Cephede sadece cam malzemesi ve cam derzleri görünmektedir. Kesintisiz cam görünümü ile yapılarda estetik görsellik sağlanmaktadır. Çerçeve elemanları bulunmadığından cam kenarlarına tespit elemanlarının monte edilebilmesi için delikler açılmaktadır. Camlar birbirlerine ve taşıyıcı sisteme paslanmaz rutil veya spider cam tutucu elemanları ile monte edilirken Spider tutucular ise çelik dikmelere tespit edilmektedir (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).



Şekil 4.9: Silikon Cephe Örneği-Newcastle City Library (Wikimedia Commons)

4.2.1.2 Çift Tabakalı Cepheler

Yapılarda enerji tüketiminin artışına sebep olan giydirme cephe sistemlerinde iç mekan ısını arttırmak ve kullanıcı konforunu sağlamak için harcanan enerji miktarını azaltmak ve olası enerji kayıplarını önlemek için çift tabakalı cephe sistemleri tercih edilmektedir. Çift tabakalı cephe sistem çeşitlerinin tamamı asıl cephenin önüne ikinci bir cam yüzeyin yerleştirilmesi sonucu iç katman, dış katman ve katmanlar arasındaki hava boşluğundan (tampon bölge) oluşmaktadır.



Şekil 4.10: Çift Tabakalı Cephelerde Cephe Elemanlarının Dizilişi (Hausladen, Liedl, & Saldanha, 2008)

Akıllı binalarda tercih edilen çift tabakalı cephe sistemleri mekan içerisinde doğal aydınlatma, ısı, ışık ve güneş kontrolü, gürültü yalıtımı ve en önemlisi doğal havalandırma imkanı sağlamaktadır. Yapılarda iç mekan kalitesini ve kullanıcı konforunu sağlamak için tüketilen doğal enerji kaynaklarına ve mekanik sistemlere duyulan gereksinimi azaltarak enerji tüketimini azaltmakta ve akıllı bina sistemlerine sürdürülebilirlik kimliği kazandırmaktadır (Poirazis, 2004), (Ünalın & Tokman, 2011).

Çift tabakalı cepheler sıcak iklimlerde ısı kazancını soğuk iklimlerde ısı kaybının önüne geçmektedir. Dış katman sayesinde tampon bölgeye giren hava ve ışık ile doğal havalandırma ve doğal aydınlatma sağlanmaktadır. Gürültü kirliliği minimum seviyelerde tutulurken yüksek yapılarda olası rüzgar şiddetine karşın iç kabuk pencere elemanları açılarak temiz hava sirkülasyonu sağlanabilmektedir. Pasif sistemler ve doğal kaynaklar sayesinde elde edilen enerji ile mekanik sistemlere duyulan gereksinim azaltılarak bina

enerji tüketimi ve giderleri düşürülmekte ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamaktadır (Çakır, 2011).

Çift tabakalı cephe sistemleri iç ve dış katman arasında bulunan ve tampon bölge olarak da adlandırılan hava koridorunun havalandırma şekline bölgelendirilmesine göre iki başlık altında incelenmiştir.

4.2.1.2.1 Hava Koridorunun Havalandırma Şekline Göre Çift Tabakalı Cepheler

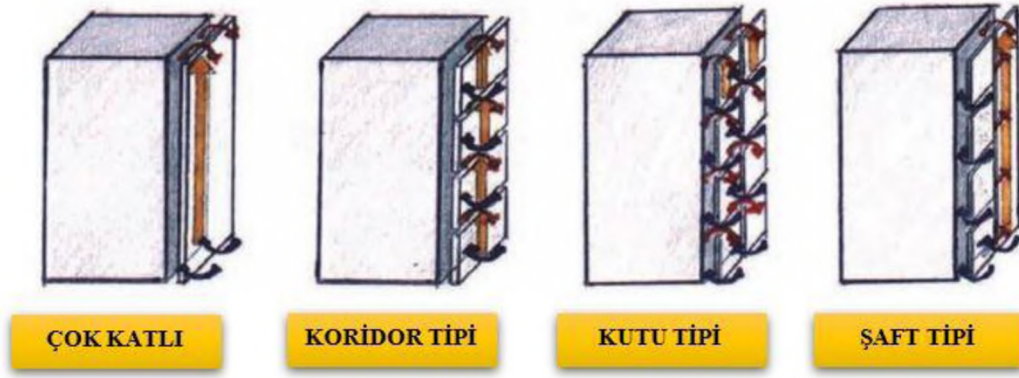
Doğal havalandırmalı ve mekanik havalandırmalı olmak üzere iki alt başlık şeklinde incelenmiştir.

Doğal Havalandırmalı Çift Tabaka Cephe Sistemi: Dış ortamdaki havanın bina cephesindeki boşluklardan içeri girmesi ve iç mekandaki havanın basınç farklılıklarıyla aynı boşluklardan dışarı çıkmasıyla oluşan sistem olarak tanımlanmaktadır. Doğal havalandırmada, mekanik havalandırmada ortaya çıkan gürültü kirliliği, sağlık problemleri gibi sorunlarla karşılaşilmamaktadır. Periyodik bakım ve onarım gerektiren ve önemli ölçüde enerji tüketimine yol açan mekanik sistemlere kıyasla doğal havalandırma sistemleri, mekanik sistemlerin ilk yapım ve enerji maliyetlerinden tasarruf etmeyi sağlar (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

Mekanik Havalandırmalı Çift Tabaka Cephe Sistemi: Aktif cephe olarak da tanımlanan bu sistemler kışın tampon bölgeye giren soğuk havayı çatı katında bulunan ısı değiştirici yardımıyla ısıtıp tekrar tampon bölgeye vererek, yaz aylarında ise tampon bölgede bulunan ve ısınan havanın dış katmanda bulunan kapaklar ile dışarı atılmasıyla istenmeyen ısı kayıp/kazançların önüne geçme imkanı sağlamaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018). Çift cephe sayesinde ses yalıtımı sağlanırken iç mekanda havalandırma için pencere açma gereksinimi duyulmadığından gürültü kontrolü de daha sağlıklı yapılabilmektedir.

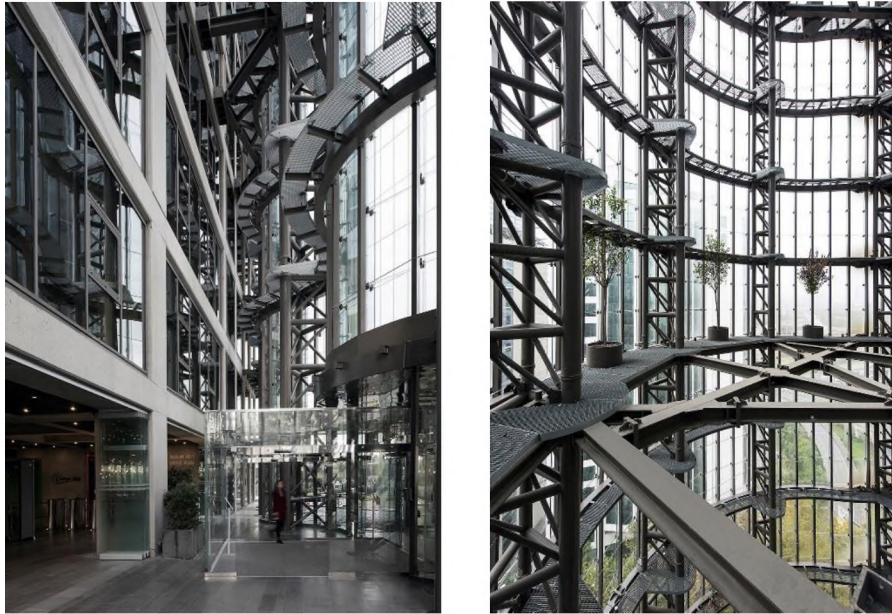
4.2.1.2.2 Hava Koridorunun Bölgelendirilmesine Göre Çift Tabakalı Cepheler

İç katman ve dış katman arasında bulunan tampon bölgedeki havanın bölgelendirilme şekline göre çift tabakalı cepheler; çok katlı, kat yüksekliğinde koridor tipi, kutu pencere tipi ve şaft tipi olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır.



Şekil 4.11: Hava Koridorunun Bölgeleştirilmesine Göre Çift Tabakalı Cephe Tipleri (Eşsiz & Özgen, 2004)

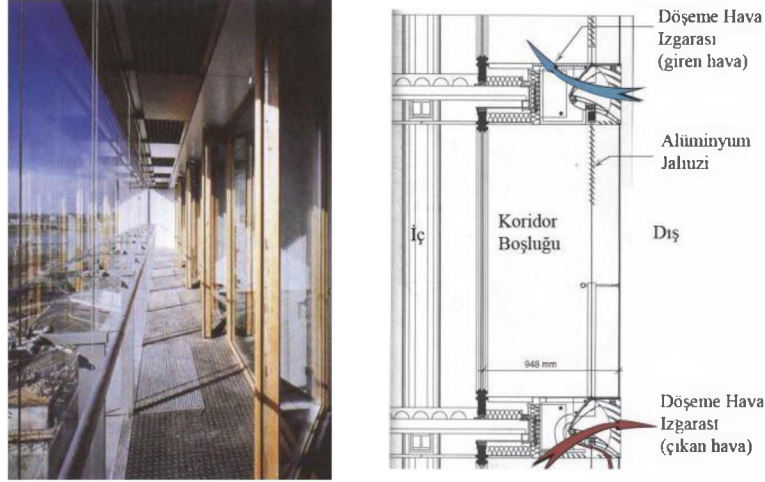
Çok Katlı Cephe Sistemi: İç katman ile dış katman arasında bulunan hava boşluğunun yapının tüm katları boyunca devam ettiği sistemdir. Katlar arasında herhangi bir engel bulunmamakla birlikte cephe temizliğinin rahat ve kolay ulaşılabilir şekilde yapılması için hava geçişini engellemeyecek şekilde yerleştirilen yürüme yolları bulunmaktadır (Boduroğlu & Kariptaş, 2010). Dış kabuğun alt ve üst kısımlarında menfezler bulunmaktadır. Kışın bu menfezler kapatılarak güneş enerjisinden faydalanarak sera etkisi ile ısı kazancı sağlanmaktadır.



Şekil 4.12: Çok Katlı Çift Tabaka Cephe Örneği- Maslak No.1 Ofis Binası (Maslak No/1, 2014)

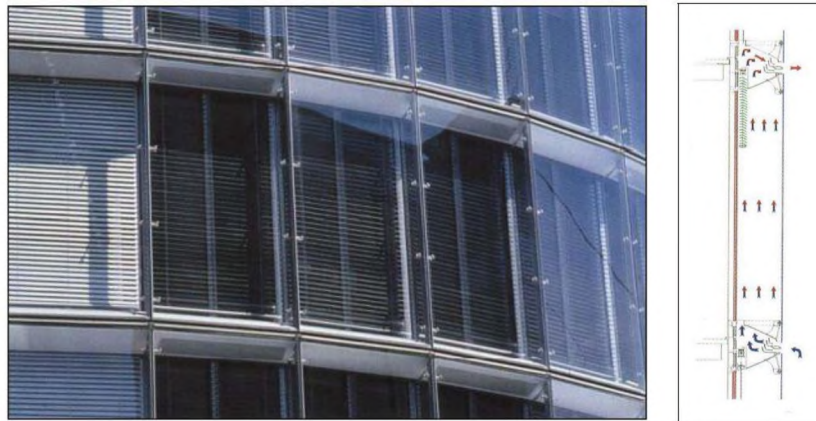
Koridor Tipi Cephe Sistemi: Katları birbirinden ayıran ve yatayda kesintisiz devam eden bölücülerden oluşmaktadır. Hava sirkülasyonu kat özelinde sağlanmaktadır. Her kat cephe bölümünde alt ve üst kısımda hava sirkülasyonunu sağlayan menfezler bulunmaktadır. Alt

menfezden alınan temiz hava kirlendikten sonra havalandırma boşluğuna verilerek üst menfezden çıkışı sağlanmaktadır. İki katman arasındaki boşluk 20-150 cm arasında olmaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018). Cepheye yatay ve kesintisiz bölümler halinde yerleştirilen bu sistem, akustik, yangın güvenliği ve havalandırma işlemlerinde avantaj sağlamaktadır (Ünalan & Tokman, 2011).



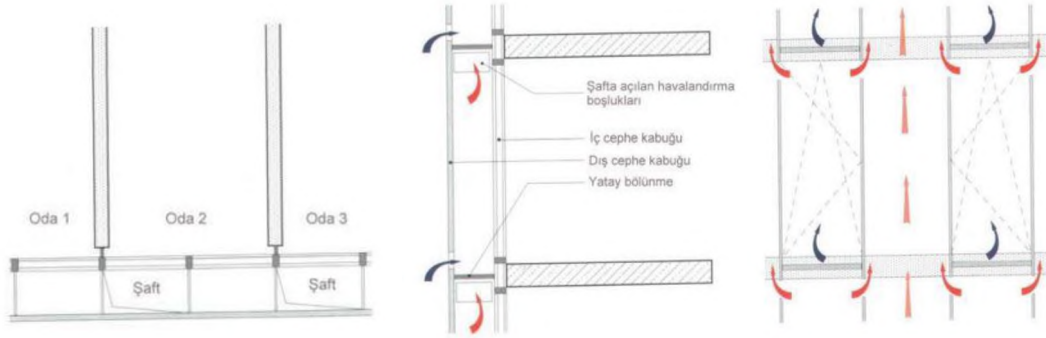
Şekil 4.13: Koridor Tipi Çift Tabaka Cephe Örneği, Staddtor Binası (Ünalan & Tokman, 2011)

Kutu Pencere Tipi Cephe Sistemi: İç katman ve dış katman arasındaki havalandırma boşluğu hem kat hizasında yatay olarak hem de her mahalin pencere hizasında düşey olarak bölünerek uygulanan bir sistemdir. Her kat seviyesinde birbirinden bağımsız hava sirkülasyonu sağlandığı için iyi derecede doğal havalandırma sağlanmış olur. Tüm katlarda, kat ve pencere hizalarında yer alan kutu biçimindeki boşluğun alt kısmında bulunan menfezden boşluk içine alınan hava, bulunduğu alan içinde ısınır ve üst kısımdaki menfezden dışarı atılır (Boduroğlu & Kariptaş, 2010).

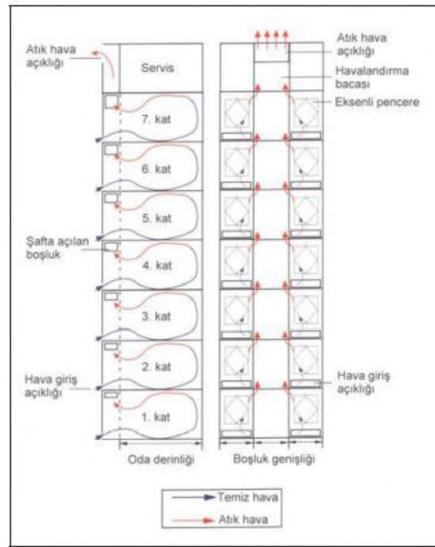


Şekil 4.14: Kutu Tipi Çift Tabaka Cephe Örneği, RWE Binası (Gür N. V., 2007)

Şaft Tipi Cephe Sistemi: Düşeyde bina boyunca veya belirli bölümlere ayrılmış kesintisiz hava boşlukları bulunmaktadır. Hava bu boşlukta baca etkisiyle yükselip katlara dağılmaktadır. Her katta hava giriş açıklığı bulunmaktadır. Hava çıkışı ise yalnızca şaftın en üst noktasındaki açıklıktan sağlanmaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).



Şekil 4.15: Şaft Tipi Cephe Sistemi Havalandırma Prensibi, Plan, Kesit ve Görünüş (Gür N. V., 2007)



Şekil 4.16: Şaft Tipi Çift Tabaka Cephe Örneği, ARAG Binası (Gür N. V., 2007)

4.2.2 Enerji Üreten Cephe Sistemleri

Sürdürülebilir yapı tasarımı açısından büyük öneme sahip olan cephe sistemlerinden enerji üretebilen cephe sistemleri arasında güneş enerjisinden faydalanma çok yaygın bir tercih olarak karşımıza çıkmaktadır. Güneş enerjisini takiben ikinci sırada rüzgar enerjisi üçüncü sırada ise biyoyakıt kullanımı bulunmaktadır.

4.2.2.1 Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisinden faydalanarak enerji üreten cephe sistemleri günümüze kadar güneş kollektörleri, Fotovoltaik (FV) paneller, trombe duvarları gibi enerji üreten sistemler olarak karşımıza çıkmış olup günümüzde güneşten enerji üretebilen çok farklı cephe sistemleri tasarlanmaya başlamıştır (Altın & Orhon, 2014).

Akla ilk gelen, daha temiz ve daha ekonomik olan güneş enerjisi sistemleri yapılarda, mekânın ve kullanım suyunun ısıtılmasını sağlayan termal sistemler ve elektrik üretimini sağlayan fotovoltaik sistemler olmak üzere iki farklı amaç için kullanılmaktadır. Yapıların çatı ve cephesinde kullanılan fotovoltaik paneller, teknolojik gelişmeler sonucunda bir yandan elektrik enerjisi üreterek ve fazlasını satarak sürdürülebilir bir sistem oluştururken, diğer yandan da farklı bir görsel estetikle entegre edilmeleri sonucunda, yapısal bir eleman görevi görerek binaya görsel bir zenginlik de kazandırmaktadır (Ateş Can & Özipek, 2019).

Doğal enerji kaynaklarından ilk akla gelen ve temiz enerji kaynağı olarak nitelendirebileceğimiz güneş enerjisi ile çok basit ve ilkel koşullar altında bile enerji üretebilen sistemler yaratılabilir. Buna karşın gelişen teknoloji ve kullanıcı taleplerinin artmasıyla çeşitlenen güneş enerjisi sistemlerinden bazıları şu şekilde özetlenebilir; (Ünalın & Tokman, 2011)

- Güneş Toplaçları
- Fotovoltaik Panel Modülleri
- Saydam Yalıtım Uygulaması
- Hibrit Sistemler
- Cam Balkon Kapama Sistemleri
- Camlama Sistemleri



Şekil 4.17: FV Panel Kullanım Örneği, La Seine Musicale (Archdaily, 2017)

4.2.2.2 Rüzgar Enerjisi Sistemleri

Ekosistem içerisinde temiz ve yenilenebilir özelliklere sahip olması sebebiyle rüzgar enerjisi alternatif enerji kaynaklarından biri olmuştur. Günümüz şartlarında artan enerji ihtiyacıyla birlikte doğal kaynakların azalması sonucu yapı sektöründe alternatif bir enerji olarak kullanılmaya başlanan rüzgar enerjisi ile yapılarda hem form hem de mimari tasarım kriterlerini estetik ve görsel açıdan etkileyecek, enerji ihtiyaçlarını kendi yapısal formundan üreten ve son yıllarda özel olarak inşa edilen küçük ölçekli rüzgâr türbinleri geliştirilmiştir (Degrassi, Castelli, & Benini, 2013).



Şekil 4.18: Düşey Eksenli Rüzgar Türbin Örneği, Greenway Self-Park (Architizer) (Archdaily)

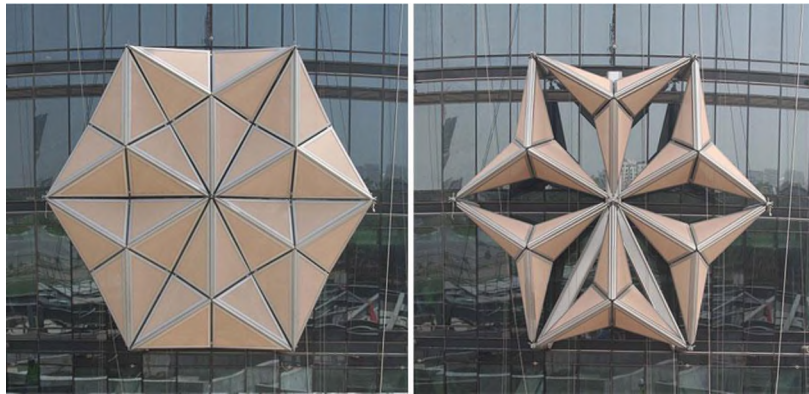
4.2.3 Isı Alışverişini Dengeleyen Cephe Sistemleri

Mimarlara tasarım imkanı sunan ve yapıya estetik değer katabilen bu cephe sistemlerinde, güneş kontrol elemanları bina cephesine doğrudan gelen güneş ışınlarını kısmen ya da tamamen engelleyerek iç mekanda kamaşmayı önlerken yapının ısıtma-soğutma yükünü de azaltır. Güneş kontrol elemanları cephenin dış yüzeyine, cam tabakaları arasına ya da cephenin iç yüzeyine konumlandırılabilir (Okumuş, 2020).

Yapılarda enerji korunumu odaklı tasarımlara, gelişen teknolojiyle birlikte yeni malzemeler ve sistemler dahil olmaktadır. Hoberman firması tarafından geliştirilen ve yapılarda gölgeleme elemanı olarak kullanılan, geometrik formlarda üretilmiş metal veya plastik panellerin motorlar yardımıyla güneşin konumuna göre kinetik olarak kendini ayarlaması yenilikçi cephe yaklaşımlarına örnek olarak gösterilebilir (Okumuş, 2020).



Şekil 4.19: Dinamik Kontrollü Cephe Örneği, Al Bahar Kuleleri (Demirel, 2016)



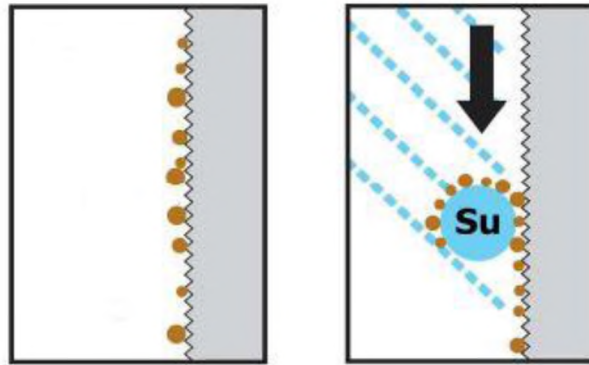
Şekil 4.20: Dinamik Kontrollü Cephe Elemanı, Al Bahar Kuleleri (Demirel, 2016)

4.2.4 Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Cephe Sistemleri

Çevresel, sosyal ve ekonomik kriterlerden yola çıkarak sürdürülebilir tasarım açısından yapı cephelerinin temizliği için harcanan gerekli insan gücü ve malzeme kullanımının azaltılmasını veya tamamen ortadan kaldırılmasını sağlamak amacıyla kendini -ve/veya havayı- temizleyebilen cephe sistemleri geliştirilmiştir. Kendini temizleyebilen cephe sistemleri; mekanik, malzeme ve benzeri tabanlı mekanizmalar aracılığıyla insan işgücüne gerek duymadan kendini toz ve kirden arındırabilecek şekilde tasarlanmış akıllı cephe sistemleridir (Orhon, 2014).

Kendini temizleyebilen cephe sistemleri, kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duymadan işlevini yerine getirebilen aktif kendini temizleyebilen cephe sistemleri ve kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duyan pasif kendini temizleyebilen cephe sistemleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Barthlott ve Ehler tarafından ilk olarak 1977 yılında, süperhidrofobik (yüksek derecede su-sevmez) bir yüzeyin kendi kendini temizleyebilme özelliği, lotus yaprakları üzerinde elektron mikroskopuyla gözlenerek ‘‘Lotus Etkisi’’ adıyla tanımlanmıştır (Barthlott & Ehler, 1977).



Şekil 4.21: Lotus özellikli cephede kendini temizleme mekanizması (STO, 2005)

4.2.5 Medya Ekranı Olarak Kullanılan Cephe Sistemleri

Kullanıcıya ve iç mekan konforuna yönelik işlevlere sahip olan akıllı yapı cephelerinden farklı olarak medya ekranı amacıyla kullanılan akıllı cepheler de mevcuttur.

Pekin’de inşa edilen GreenPix sıfır enerjili medya duvarı, Graz Sanat Müzesi ve Tokyo’da inşa edilen Chanel Ginza Binası bu cephe sistemlerine örnek olarak verilebilir (Altın & Orhon, 2014).



Şekil 4.22: Medya ekranı işlevi gören cephe örneği, GreenPix Medya Duvarı (GreenPix)

4.2.6 Akıllı Bina Cephe Sistemlerini Oluşturan Yapı Bileşenleri

Doğal aydınlatma, doğal havalandırma, enerji korunumu, yalıtım, gürültü önleme gibi birçok işlevi üstlenen yapı cephelerinde bu ve bunun gibi kullanıcı konforuna hizmet eden sistemleri birbirinden bağımsız olarak düşünmek olanaksızdır. Birbiriyle dengeli ve faydalı şekilde işleme gereksinimi duyan bu sistemler, teknolojik gelişmelerin mimarlık pratiğine katkıları doğrultusunda akıllı cephe sistemleri özelliğini kazanmıştır.

Yapılarda kullanıcı konforu odaklı işlev gören akıllı cephe sistemlerini oluşturan bileşenler; kabuk bileşeni, güneş kontrol elemanları ve yağmur suyu depolama elemanları olmak üzere 3 grupta incelenmiştir.

4.2.6.1 Kabuk Bileşenleri

Yapıyı ve bina kullanıcılarını dış ortam iklim koşullarından, gürültüden ve istenmeyen solar ışınlar gibi etkilerden koruyan kabuk bileşenleri; taşıyıcı bileşenler, saydam bileşenler, cephelere monte edilen fotovoltaik paneller ve rüzgar türbinlerinden oluşmaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

4.2.6.1.1 Saydam Bileşenler

Hafif yapısı, estetik görüntüsü ve çeşitliliği ile akıllı bina cephelerinde cam bileşeni, sağladığı doğal aydınlatma, doğal havalandırma, güneş ışığı kontrolü ve güneşten temiz enerji elde edebilme gibi imkanlarla sıkça tercih edilen yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Akıllı bina cephe sistemlerinde kullanılan cam bileşeninin çeşitleri; şeffaf (float) cam, low-e kaplamalı cam, lamine (katmanlı) cam, temperlenmiş cam, kurşun geçirmez cam, fotovoltaik cam, renklendirilmiş cam, yalıtımlı cam, güneş kontrol camı, yansıtıcı cam ve akıllı cam şeklinde özetlenebilir (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

4.2.6.1.2 Fotovoltaik Paneller

Güneş enerjisinden doğrudan elektrik üretebilen fotovoltaik paneller, fotovoltaik hücrelerden oluşmaktadır. Boyutları ve formları ihtiyaca yönelik üretim özelliklerine göre farklılık gösterse de genel ölçüleri 10x10 cm olup birden fazlasının paralel veya seri bağlanarak bir araya getirilmesiyle fotovoltaik modüller oluşturulmaktadır (Altın, 2014). Fotovoltaik panellerin mimari tasarım açısından en değerli özelliği, yapıları enerji tüketen yapılardan enerji üreten yapılara dönüştürmesidir (Altın, 2004).

4.2.6.1.3 Rüzgar Türbinleri

Teknolojik yenilikler doğrultusunda kullanımı çok çabuk gelişme kaydeden ve ekonomik açıdan fosil enerji kaynakları ile rekabet gücü gösterebilen, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkililerinden biri olan rüzgar enerjisinin sahip olduğu kinetik enerjiyi, elektrik enerjisine veya hareket enerjisine çevirebilen sistemler rüzgar türbinleridir (Elibüyük & Üçgöl, 2014).

4.2.6.1.4 Yeşil Duvar Teknolojileri

Sürdürülebilir özellikler sergileyen ve dikey bahçe olarak da adlandırılan bu cephe sistemlerinde amaç kentsel ısı adası etkisini azaltmak, iç mekan-dış mekan hava kalitesini iyileştirmek, estetik katkı, ısı yalıtımı, gürültü önlemek ve yapı kabuğunu dış etkilerden korumaktır. Bu cephe sistemiyle sınırlı yeşil alana sahip kentlerin çevresel kalkınma hedeflerini desteklemek amaçlanmıştır (Çakır Kiasif & Selçuk, 2018).

4.2.6.2 Güneş Kontrol Elemanları

Güneş kontrol elemanları bina cephesine doğrudan gelen güneş ışınlarını kısmen ya da tamamen engelleyerek iç mekanda kamaşmayı önlerken yapının ısıtma-soğutma yükünü de azaltır. Güneş kontrol elemanları cephenin dış yüzeyine, cam tabakaları arasına ya da cephenin iç yüzeyine konumlandırılabilir (Okumuş, 2020).

Güneş kontrol elemanlarının şekli ve yapı üzerindeki konumu kullanıcı konforuna doğrudan etki etmesinin yanı sıra yapının termal özelliklerini de etkilemektedir. Yapının ısıtma ve soğutma giderlerine olumlu katkılar sağlarken gölgeleme elemanı olarak da kullanılabilen güneş kontrol elemanları, yapının dış yüzeyine konumlandırıldığında bina ile bütünleşmekte ve cephe ögesi olarak tanımlanabilmektedir (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018).

4.2.6.3 Yağmur Suyu Depolama Elemanları

Yapılarda yağmur suları özellikle çatı ve cephelerde toplanarak oluk sistemleri aracılığıyla yağmur suyu depolarında toplanarak arıtılmaktadır. Arıtılan su kıvamına göre farklı amaçlarla kullanılmaktadır. İçme suyu kıvamında ise, mutfakta, duşta ve bulaşık yıkamada tercih edilmektedir. Kullanım suyu kıvamında ise, çamaşır yıkamada, ev temizliğinde ve bahçe sulamada kullanılmaktadır (Sönmez & Çakır Kiasif, 2018). Su arıtma sistemleri sayesinde, yapılarda su tüketiminden tasarruf sağlanmaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir ölçüde tüketimini sağlamak adına yapılarda su tasarrufu için yağmur suyu toplama, arıtma ve yeniden kullanma sistemleri yaygınlaştırılmalıdır (Çakır Kiasif, 2016).

4.3 Akıllı Malzemeler

Sanayi devrimi sonrası teknolojik gelişmeler ile birlikte her dönemde, değişen kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayabilme amacıyla yeni malzeme arayışları ortaya çıkmış ve yapı malzemelerinde gelişmeler gözlemlenmiştir. Geçmiş dönemlerde taş, tuğla, beton ve ahşap gibi geleneksel malzemelerin kullanımı tercih edilirken zamanla kompozit malzemeler, sürdürülebilir malzemeler ve akıllı malzemelerin de yapı malzemeleri alanında kendine yer bulmasıyla çeşitlilik sağlanmıştır (Ayvaz, 2019).

Akıllı malzemeler, dış uyaranlara (fiziksel, kimyasal, biyolojik vb.) karşı bir veya birkaç niteliğini (renk, şekil, iletkenlik, faz vb.) değiştirerek veya enerji dönüşümü yaparak yanıt verebilme özelliğine sahip malzemelerdir. 18. yüzyılın sonlarından itibaren akıllı malzemelere, ‘‘akıllı’’ niteliğini kazandıran etki mekanizmaları fark edilerek incelenmeye başlanmış olup mekanizmalar yeterince anlaşılamadığı için akıllı malzemelerin günlük kullanıma dahil olması kısmen 20. yüzyılın son çeyreğinde olmuştur. Mimarlık ve yapı alanında kullanımları birkaç malzeme grubu harici araştırılmaya devam edilen akıllı malzemeler, mimarlık pratiğine ve sürdürülebilir mimari tasarım anlayışına vadettiği potansiyel imkanlar nedeniyle günümüzde pek çok araştırmaya konu olmaktadır (Orhon, 2013).

Malzemelerin nitelik değişimine uğraması, genel olarak dış bir uyaran etkisiyle oluşan bozulmalar, göçme, korozyon, çürüme ve benzeri gibi sorunlarla bağdaştırılması ile malzeme bilimindeki kabul görmüş anlayış, malzemelerin kullanım süresi boyunca mümkün olduğunca niteliklerini korumasıdır. Alışılmış klasik malzeme anlayışında malzemeden tek beklenti kullanım süresi boyunca değişime uğramamasıdır. Bu anlayışa karşın modern anlayışın ürünü olan akıllı malzemelerin kullanımında, kullanım süresince

dış uyarıcılara karşı işlevlerine yardımcı olacak faydalı nitelik değişimleri yaparak sürdürülebilirlik özelliklerini sağlamaları beklenmektedir (Topal & Arpacioğlu, 2020)

21. yüzyıl ile birlikte malzeme mekanizmalarının daha iyi anlaşılması ve kontrol edilebilmesi sonucu mimarlık ve yapım sektöründe klasik malzeme anlayışı değişime uğramıştır. Klasik malzeme anlayışının aksine modern akıllı malzeme anlayışında, maruz kaldıkları dış uyaranların etkisi altında nitelik/enerji değişimi/dönüşümü yapan “akıllı” malzemeler, bu özelliklerine uygun yapı işlevleri için kullanıldıklarında görevlerini klasik malzemelerin aksine aktif olarak yerine getirirler (Orhon, 2013).

Akıllı malzeme kavramı mimarlık pratiği içerisinde incelendiğinde geleneksel yapım anlayışının temelini oluşturan “ortam şartları ile mücadele eden” malzeme anlayışı gelişen teknoloji ve değişen kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda yerini “çevresel uyaranlara tepki vererek ortam şartlarına uyum gösteren” malzeme anlayışına bırakmıştır. Bu bakış açısıyla “akıllılık” kavramı, akıllı malzeme kullanılarak tasarlanan yapı elemanları veya bileşenleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Orhon, 2012).

Responsive Architecture (çevresel uyaranlara yanıt veren mimarlık) anlayışı, kişisel bilgisayar fikrinin şekillenmeye başladığı dönem olan yetmişli yıllarda ilk olarak Negroponte tarafından ortaya atılmıştır (Negroponte, 1975). Başlangıçta “yapıya bütünleşik algılayıcılarla alınan ve bilgisayar ile değerlendirilen dış uyarılara, yapı elemanları aracılığıyla bütünleşik hareket mekanizmaları ile yanıt vermek” prensibini esas almıştır. Buna karşın akıllı malzemelerin kullanıma dahil olması sonucu bilgisayara duyulan gereksinim ortadan kalkmış ve akıllı malzemelerin sensör ve/veya aktüatör olarak kullanıldığı yapılar üretilmeye başlanmıştır (Orhon, 2012).

Okay (2003), tüm malzemelerin belirli bir derecede akıllı olduğunu dile getirirken malzemeyi gerçekten akıllı yapanın ise maruz kaldığı dış etkenler sonucu meydana gelen değişimlerin malzemenin dizaynı sonucu ortaya çıkmasıdır (Okay, 2003). Bu bakış açısıyla akıllı malzemelerin ihtiyaca yönelik tasarlanmış/dizayn edilmiş malzemeler olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3.1 Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması

Geçmişten günümüze uygarlık tarihine göz gezdirdiğimizde insanlık tarihi, malzemelerin evrimi ve yeni malzeme keşifleriyle iç içe gelişim göstermiştir. Taş Devri, Tunç Devri, Demir Çağı ve Sentetik Malzeme Çağı gibi dönemlerin ardından 21. Yüzyıl çok fonksiyonlu malzeme çağı olarak tanımlanabilir (Ergin, 2019).

‘‘Zeki’’ veya ‘‘aktif’’ malzemeler gibi farklı tanımlamalara da sahip olan akıllı malzemeler kavramı, eşsiz özelliklere sahip bir grup malzeme grubunu temsil etmektedir (Yağlı, 2019). Ortaya atıldığı günden bu yana akıllı malzemeler için farklı tanımlamalar yapılmasına karşın tüm tanımlamalar prensip olarak birbirine benzemektedir. Standart bir tanıma sahip olmayan akıllı malzemeler için kabul görmüş en yaygın tanımlama, malzemenin genel olarak dış bir uyarana tepki olarak sahip olduğu özelliklerinin bir veya birden fazlasını öngörülebilir ve faydalı biçimde değiştiren malzemeyi ifade etmesidir (Harrison & Ounaies, 2001).

Geleneksel sistemlere ve geleneksel yapı malzemesi kriterlerine göre sınıflandırılmayan akıllı malzemeler birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde sınıflandırılrsa da sınıflandırma kriterleri büyük ölçüde kesişmektedir.

Temelde benzer özellikler taşıyan akıllı malzeme sınıflandırma çalışmaları, malzemenin dış uyaranlara karşı gösterdiği davranış özelliklerine ve tepki verdiği uyaranlara bağlı olarak farklı şekilde gruplandırılmaktadır. Akıllı malzeme sınıflandırma kriterleri için yapılan literatür araştırmalarında Michelle Addington ve Daniel Schodek (2005) ile Axel Ritter’in (2007) akıllı malzeme sınıflandırma kriterleri ön plana çıktığı görülmektedir.

‘‘Smart Materials and New Technologies’’ adlı kitapta akıllı malzemeleri dışardan gelen bir etki sonucu gösterdikleri davranış özelliklerine göre; nitelik dönüşümü yapan ve enerji dönüşümü yapan olarak iki farklı grupta sınıflandıran Addington ve Schodek (2005), enerji dönüşümü yapan akıllı malzemeleri ise uyaran-tepki ilişkisini göz önünde bulundurarak tek yönlü ve çift yönlü (tersinir) olarak ayırmıştır (Büyükkahraman, 2022).

Addington ve Schodek (2005), nitelik dönüşümü yapan ve enerji dönüşümü yapan malzemeler arasında bulunan temel farkı; enerji dönüşümü yapan akıllı malzemelerin, nitelik dönüşümü yapan akıllı malzemelerin aksine, bir işlevi gerçekleştirecek şekilde birkaç malzemedan oluşan sistemlerle ilişkili olması olarak tanımlamaktadır (Büyükkahraman, 2022).

‘‘Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design’’ adlı kitabında Axel Ritter (2007), akıllı malzemeleri sınıflandırırken, malzemeleri tetikleyici unsurları; ışık, UV ışığı, sıcaklık, basınç, elektrik alanı, manyetik alan, kimyasal çevre olarak tanımlarken, malzemelerin dış uyaranlara karşı gösterdiği davranış özelliklerine bağlı olarak; özellik değiştiren, enerji alışverişi yapan ve Addington ve Schodek’e (2005) ilaveten madde alışverişi yapan akıllı malzemeler olarak üç gruba ayırmaktadır (Büyükkahraman, 2022).

Yapılan araştırmalar sonucunda literatürde ulaşılan akıllı malzeme sınıflandırmalarının daha iyi anlaşılabilmesi üzerine akıllı malzemeler;

- Nitelik dönüşümü yapan akıllı malzemeler
- Enerji dönüşümü yapan akıllı malzemeler
- Madde alışverişi yapan akıllı malzemeler olmak üzere 3 grupta açıklanmıştır.

4.3.1.1 Nitelik Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemeler

Nitelik dönüşümü yapan akıllı malzemeler sahip olduğu bir veya birkaç niteliğini (renk, şekil, sertlik, iletkenlik, akışkanlık, hal, faz vb.) tersinir -eski haline geri dönebilen- şekilde sıcaklık, ışık, basınç gibi dış uyarıların etkisiyle değiştirme özelliğine sahiptir (Topal & Arpacıoğlu, 2020). Sürdürülebilir yapım anlayışı çerçevesinde incelediğimizde bu tip akıllı malzemeler, tercih edilmesi sonucu çevresel uyarınlara karşı faydalı nitelik değişimiyle tepki vermesini sağlayarak yarar sağlar. Yapının enerji tüketimini azaltmak, yapı fiziği niteliklerini iyileştirmek, kullanım ömrünü uzatmak, bakım giderlerini düşürmek bu yararlar arasında gösterilebilir (Orhon, 2013).

Tablo 4.3: Nitelik Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemeler (Addington & Schodek, 2005)

Özellik Değiştiren Malzemeler	Uyaran	Tepki
Termokromik	Sıcaklık Farkı	Renk Değişimi
Fotokromik	Radyasyon (Işık)	Renk Değişimi
Mekanokromik	Deformasyon	Renk Değişimi
Kemokromik	Kimyasal Konsantrasyon	Renk Değişimi
Elektrokromik	Potansiyel Elektrik Farkı	Renk Değişimi
Sıvı Kristal	Potansiyel Elektrik Farkı	Renk/Faz Değişimi
Asılı Parçacık	Potansiyel Elektrik Farkı	Renk/Faz Değişimi
Fotokatalitik	UV Radyasyon	Kimyasal Tepki
Elektro/Manyetoreolojik	Potansiyel Elektrik Farkı	Sertlik/Viskozite Değişimi

Tablo 4.4: Nitelik Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemelerle Sürdürülebilir Yapı Uygulamaları (Orhon, 2013)

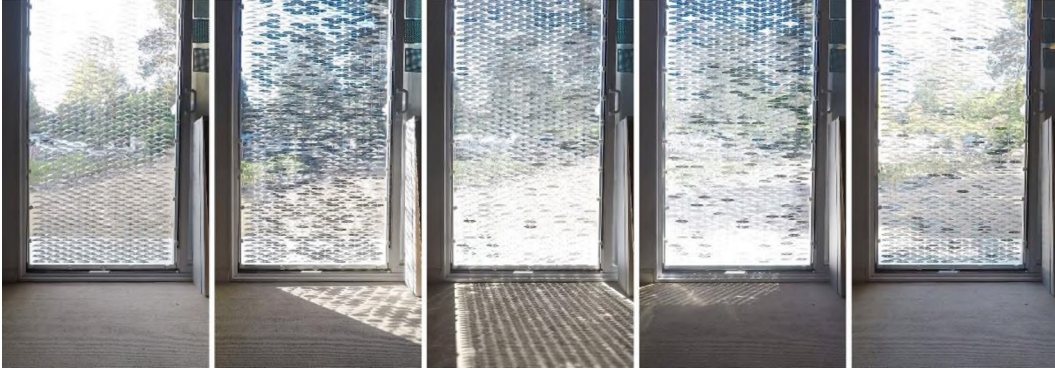
Akıllı Malzeme Grubu	Uyaran	Uygulama Alanı
Fotokromik Malzeme	Işık	Fotokromik camlarla pasif kontrollü akıllı cephe
Termokromik Malzeme	Sıcaklık	Termokromik camlarla pasif kontrollü akıllı cephe
Elektrokromik Malzeme	Elektrik	Elektrokromik camlarla aktif kontrollü akıllı cephe
Fotokatalitik Malzeme	Işık	Fotokatalitik dış yapı elemanları ve yapı bileşenleri
Faz Değiştiren Malzeme	Sıcaklık Farkı	Isı yalıtımı sağlayan ve ısı depolayan akıllı cepheler

4.3.1.1.1 Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler

Şekil değiştiren akıllı malzemeler, dış uyaranların ışık, sıcaklık, basınç, elektriksel alan, manyetik alan veya kimyasal bir uyaranın oluşturduğu etkiyle bir veya birden fazla uyaran tepki olarak sahip olduğu şekli ve/veya boyutu tersinir olarak değiştirebilen malzemeleri ve ürünleri kapsamaktadır. Bu malzemeler arasında boyutlarını değiştirmeden şekillerini değiştirebilen ve şekillerini değiştirmeden boyutlarını değiştirebilen malzemeler bulunurken bazı malzemeler ise her iki parametreyi de aynı anda değiştirebilme özelliğine sahiptir (Ritter, 2007).

Şekil değiştiren akıllı malzemeler tetikleyici dış uyaranlara göre 6 farklı şekilde ayırt edilebilmektedir. Bu başlıklar; (Ritter, 2007)

- Fotostriktif Akıllı Malzemeler: Işığın etkisi (elektromanyetik enerji) ile uyarılır.
- Termostriktif Akıllı Malzemeler: Sıcaklığın etkisi (termal enerji) ile uyarılır.
- Piezoelektrik Akıllı Malzemeler: Basınç veya gerilimin etkisi (mekanik enerji) ile uyarılır.
- Elektroaktif Akıllı Malzemeler: Bir elektrik alanının etkisi (elektrik enerjisi) ile uyarılır.
- Manyetostriktif Akıllı Malzemeler: Bir manyetik alanın etkisi (manyetik enerji) ile uyarılır.
- Kemostriktif Akıllı Malzemeler: Kimyasal ortamın etkisi (kimyasal enerji) ile uyarılır.



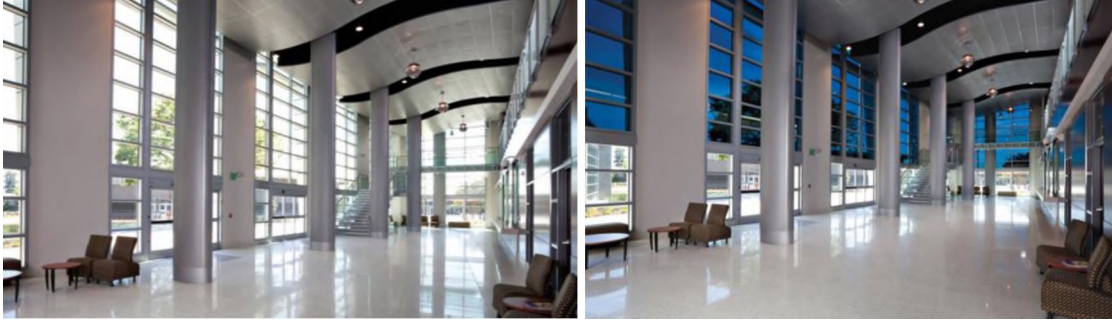
Şekil 4.23: Kendinden Gölgeleme Penceresi, InVert Auto-Shading Windows (Sung, 2018)

4.3.1.1.2 Renk ve Optik Değiştiren Akıllı Malzemeler

Renk ve optik değiştiren akıllı malzemeler grubu, harici bir enerji kaynağında meydana gelen değişikliğin malzeme tarafından emilimi, yansımaları veya iletilmesi sonucu malzemenin optik özelliklerinde meydana gelen değişiklik ile ürettiği malzeme sınıfını oluşturmaktadır. Bu yüzden renk değiştiren malzemeler gerçek anlamda renk değiştirmek yerine optik özelliklerini, renk değişimi olarak algıladığımız ısı, ışık veya kimyasal ortam gibi farklı dış uyaranlar etkisiyle değiştirmektedir. Renk algılaması, ışık ve insan gözünün doğası gibi harici faktörlere bağlı olmaktadır (Addington & Schodek, 2005).

Ritter (2007), renk ve optik değiştiren akıllı malzemeleri tetikleyici dış uyaranlara göre 5 farklı şekilde gruplandırmıştır. Bu başlıklar; (Ritter, 2007)

- Fotokromik Malzemeler: Işığın etkisi (elektromanyetik enerji) ile uyarılarak renklerini değiştirir.
- Termokromik/Termotropik Akıllı Malzemeler: Sıcaklığın etkisi (termal enerji) ile uyarılarak renklerini ve/veya optik özelliklerini değiştirir.
- Mekanokromik Akıllı Malzemeler: Sıkıştırma, gerginlik veya sürtünme etkisi (mekanik enerji) ile uyarılarak renklerini değiştirir.
- Elektrokromik/Elektrooptik Malzemeler: Elektrik alanları, elektronlar veya iyonların etkisi (elektrik enerjisi) ile uyarılarak renk ve/veya optik özelliklerini değiştirir.
- Kemokromik Akıllı Malzemeler: Kimyasal bir ortamın etkisi (kimyasal enerji) ile uyarılarak renklerini ve/veya optik özelliklerini değiştirir.



Şekil 4.24: Elektrik Sinyali Öncesi/Sonrası Elektrokromik Cam Örneği (Perker & Akkuş, 2020)

4.3.1.1.3 Adezyon Değiştiren Akıllı Malzemeler

Bu kategorideki akıllı malzemeler dış uyarana tepki olarak bir katı, sıvı veya gaz haldeki bileşenin sahip olduğu bir atomun veya molekülün adsorpsiyonunu (yüzeye tutunma) veya absorpsiyonunu (emilim) çekim kuvvetlerini tersinir olarak değiştirebilen malzemeleri ve ürünleri temsil etmektedir. Meydana gelen adezyon değişimi; ışığın, sıcaklığın, elektriksel bir alanın, sıvının ve/veya biyolojik bileşenin etkisi sonucu ortaya çıkabilmektedir. Yüzeye tutunma etkisi olarak da tanımlayabileceğimiz adsorpsiyon, bir bileşenin bir atomunun veya molekülünün, emici olan bir malzeme veya ürünün iç yüzeyine tutunmasıdır. Emilim etkisi olarak tanımlayabileceğimiz absorpsiyon ise bir bileşenin bir atomunun veya molekülünün, emici olan bir malzeme veya ürünün serbest hacmine dahil edilmesidir (Ritter, 2007).

Ritter (2007), adezyon değiştiren akıllı malzemeleri tetikleyici dış uyaranlara göre 5 farklı şekilde gruplandırmıştır. Bu başlıklar; (Ritter, 2007)

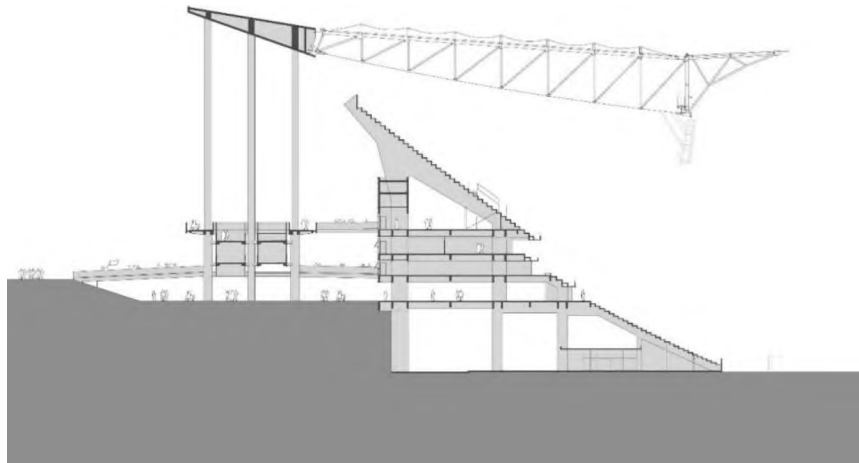
- Fotoadezyon Akıllı Malzemeler: Işığa tepki olarak katı, sıvı veya gaz halindeki bileşenlerin atomlarının veya moleküllerinin adsorpsiyonunun veya absorpsiyonunun çekim kuvvetlerini değiştirmesidir.
- Termoadezyon Akıllı Malzemeler: Sıcaklığa tepki olarak katı, sıvı veya gaz halindeki bileşenlerin atomlarının veya moleküllerinin adsorpsiyonunun veya absorpsiyonunun çekim kuvvetlerini değiştirmesidir.
- Elektroadezyon Akıllı Malzemeler: Bir elektrik alanına tepki olarak katı, sıvı veya gaz halindeki bileşenlerin atomlarının veya moleküllerinin adsorpsiyonunun veya absorpsiyonunun çekim kuvvetlerini değiştirmesidir.

- Hidroadezyon Akıllı Malzemeler: Sıvı bileşenlere (örneğin, su) tepki olarak katı, sıvı veya gaz halindeki bileşenlerin atomlarının veya moleküllerinin adsorpsiyonunun veya absorpsiyonunun çekim kuvvetlerini değiştirmesidir.
- Biyoadezyon Akıllı Malzemeler: Biyolojik bileşenlere (örneğin, bakteriler) tepki olarak katı, sıvı veya gaz halindeki bileşenlerin atomlarının veya moleküllerinin adsorpsiyonunun veya absorpsiyonunun çekim kuvvetlerini değiştirmesidir.

Mimarlık ve yapım sektöründe de faydalanılan Titanyum dioksit (TiO_2), yüzeyine tutunan kirletici maddeleri ışık etkisi aracılığıyla su ve karbondioksit parçalayıcı (fotokatalitik) etki göstererek adezyon değiştiren akıllı malzemeler grubunda bulunmaktadır (Orhon, 2013).



Şekil 4.25: Fotokatalitik Membran Örneği, Ulusal Mane Garrincha Stadyumu, Brezilya (gmp Architekten)



Şekil 4.26: Fotokatalitik Membran Örneği, Ulusal Mane Garrincha Stadyumu Kesiti (gmp Architekten)

4.3.1.2 Enerji Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemeler

Enerji dönüşümü yapan akıllı malzemeler, harici kaynak aracılığıyla elde ettikleri enerjiyi bir formdan başka bir forma dönüştürebilme özelliğine sahip malzemelerdir. Malzemenin fiziksel özelliklerinde herhangi bir değişim olmamakla birlikte elde edilen enerji değişime uğramaktadır (Ogwu & Nzewi, 2017).

Sürdürülebilir mimari anlayışında önemli yer tutan bilinçli enerji tüketimi prensibi göz önünde bulundurulduğunda ihtiyaç fazlası enerji biçiminden farklı enerji türlerine dönüştürülerek faydalanılması sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmekte ve yapı enerji tüketimine olumlu anlamda etki etmektedir.

Tablo 4.5: Enerji Dönüşümü Yapan Akıllı Malzemelerin Sürdürülebilir Yapı Uygulamalarında Kullanımı (Orhon, 2013)

Akıllı Malzeme Grubu	Uyaran (Girdi)	Uygulama Alanı
Fotoelektrik Malzemeler	Işık enerjisi	Fotovoltaik Paneller
Piezoelektrik Malzemeler	Kuvvet (Mekanik Enerji)	Kendi Enerjisini Üreten Kontrol Bileşenleri Elektrik üreten döşeme kaplamaları
Piroelektrik Malzemeler	Isı (Isı Enerjisi)	Gün boyu ısınıp soğuyan dış yapı bileşenleriyle elektrik üretimi (Teorik)
Termoelektrik Malzemeler	Malzeme yüzleri arasındaki sıcaklık farkı	Elektrik üreten yapı kabukları (Teorik)
Kemoelektrik Malzemeler	Kimyasal ortam	Kimyasal ortamlardaki (tuzlu, asidik vb.) yapı bileşenlerinden elektrik üretimi (Teorik)
Elektrolüminesans Malzemeler	Elektrik	Işık yayan diyot (LED)

Enerji dönüşümü yapabilen akıllı malzemeler ışık yayan, enerji üreten ve enerji depolayan olmak üzere 3 grupta incelenmiştir.

4.3.1.2.1 Işık Yayan Akıllı Malzemeler

Işık yayan akıllı malzemeler, dış ortamdan gelen enerji etkisiyle uyarılan moleküllere sahip malzemeleri veya ürünleri kapsamaktadır. Bu malzemeler, moleküllerin yeniden ayrılmadan önce ışık veya elektrik alan etkisiyle geçici olarak daha yüksek enerji seviyesine sahip olması sonucu ışık yayma özelliğine sahiptir. Dış etki sonucu malzemeye ulaşan ve absorbe edilen enerjinin bir kısmı görünür elektromanyetik radyasyon şeklinde yayılırken bu optik yayılma etkisi lüminesans olarak adlandırılmaktadır (Ritter, 2007).

Ritter (2007), ışık yayan akıllı malzemeleri tetikleyici dış uyarılara göre 8 farklı şekilde gruplandırmıştır. Bu başlıklar; (Ritter, 2007)

- Fotolüminesans Akıllı Malzemeler: Bir molekülün ışığın etkisi ile uyarılarak ışık yaydığı optik bir olaydır.
- Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler: Bir molekülün bir elektrik alanının etkisi ile uyarılarak ışık yaydığı optik bir olaydır.
- Biyolüminesans Akıllı Malzemeler: Canlı bir organizmadaki bir molekülün ışık yayması için uyarılarak kimyasal bir reaksiyonun meydana geldiği optik bir olaydır
- Kemolüminesans Akıllı Malzemeler: Bir molekülün ışık yayması için uyarılarak kimyasal bir reaksiyonun meydana geldiği optik bir olaydır.
- Kristallüminesans Akıllı Malzemeler: Bir molekülün kristalleşme nedeniyle uyarılarak ışık yaydığı optik bir olaydır.
- Radyolüminesans Akıllı Malzemeler: Bir molekülün radyoaktif radyasyonun etkisi ile uyarılarak ışık yaydığı optik bir olaydır.
- Radyofotolüminesans (Termolüminesans) Akıllı Malzemeler: Bir molekülün radyoaktif radyasyon sonrası termal radyasyonun etkisi ile uyarılarak soğuk ışık yaydığı optik bir olaydır.
- Tribolüminesans Akıllı Malzemeler: Bir molekülün mekanik bir etki ile uyarılarak ışık yaydığı optik bir olaydır.



şekil 4.27: Biyolüminesans zellikli Mantar (Panellus Stipticus) (Nibat, 2022)

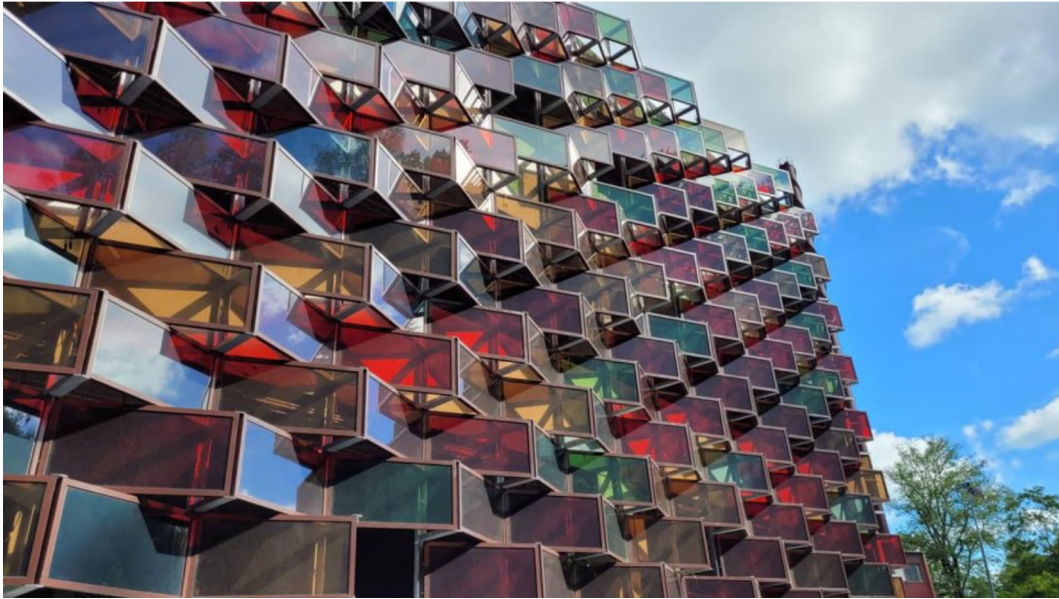
4.3.1.2.2 Enerji Üreten Akıllı Malzemeler

Enerji üreten akıllı malzemeler grubu, dış uyaran olarak ışık etkisinden, sıcaklık veya basınç değerlerinde meydana gelen değişimlerden kaynaklı bir veya birden fazla dış uyarana tepki olarak örneğin direnç yükü gibi bağlı bir tüketici aracılığıyla elektrik akımı üretebilen malzemeleri ve ürünleri kapsamaktadır (Ritter, 2007).

Ritter (2007), enerji üreten akıllı malzemeleri tetikleyici dış uyaranlara göre 5 farklı şekilde gruplandırmıştır. Bu başlıklar; (Ritter, 2007)

- Fotoelektrik Akıllı Malzemeler: Bir tüketicinin bağlantısından sonra ışığın etkisi (elektromanyetik enerji) ile uyarılarak bir elektrik akımı üretir.
- Termoelektrik Akıllı Malzemeler: Bir tüketicinin bağlantısından sonra sıcaklığın etkisi (termal enerji) ile uyarılarak bir elektrik akımı üretir.
- Piezoelektrik Akıllı Malzemeler: Bir tüketicinin bağlantısından sonra sıkıştırma veya gerilimin etkisi (mekanik enerji) ile uyarılarak bir elektrik akımı üretir.
- Kemoelektrik Akıllı Malzemeler: Bir tüketicinin bağlantısından sonra kimyasal bir ortamın etkisi (kimyasal enerji) ile uyarılarak bir elektrik akımı üretir.

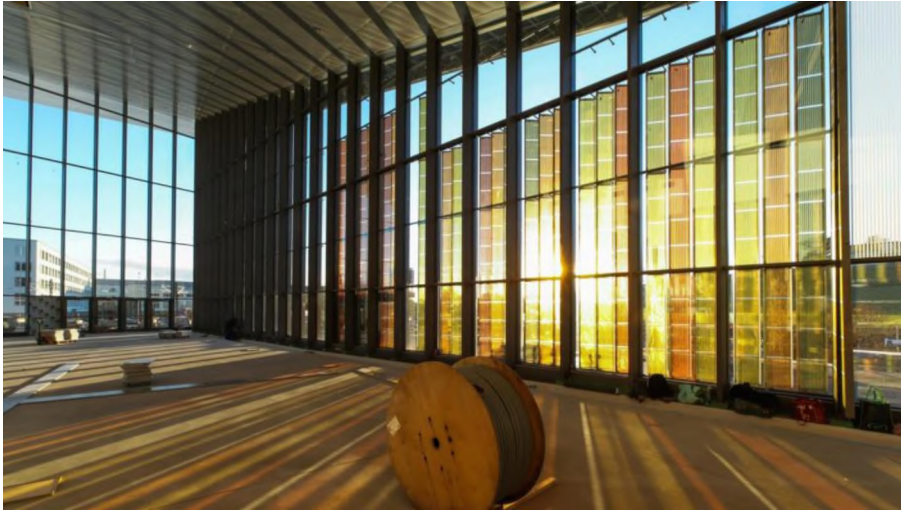
Enerji üreten akıllı malzemeler grubu içerisinde en yaygın mimari uygulama elemanı, fotoelektrik akıllı malzeme kökenli yapı bileşenleri olan ve güneş ışığı enerjisinden elektrik üretebilen fotovoltaik (FV) panel yapı bileşenleridir (Orhon, 2013).



Şekil 4.28: Fotovoltaik Panellerin Cephede Kullanımı, Garaj Binası, İsveç (Bellini, 2021)

Enerji üreten akıllı malzemeler grubuna verilebilecek bir diğer örnek ise İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü'nden kimyacı Michael Graetzel'in, 1991 yılında, loş ışıktaki maksimum verimde çalışabilen ve standart yarı iletkenlerden daha uygun maliyetli olan boya duyarlı güneş pillerini (BDGP) icat etmesi gösterilebilir (Yağlı, 2019). Boya duyarlı güneş pilleri aynı zamanda; Grätzel hücreleri, foto-elektrokimyasal güneş pilleri veya nano güneş pilleri gibi adlandırmalara da sahiptir (Büyükkahraman, 2022).

Işığın absorbe edilmesi sonucu (elektromanyetik radyasyon olayı) bağlı bir tüketici yardımıyla elektrik akımı üretebilen bileşenler olarak kullanılan ve katman kompozitler olan boya duyarlı güneş pilleri (BDGP) (Yağlı, 2019), geniş yelpazeye sahip elektronik cihazlara güç imkanı sağlamak için kullanıcının hem yapay hem de doğal ışığı enerjiye dönüştürebilmesini sağlayan hem iç hem de dış mekanlarda elektrik üretmek için kullanılan akıllı malzemelerdir. Doğada meydana gelen ve ışık enerjisinin emilimiyle oluşan fotosentez olayına benzerliği gerekçesiyle ışıktan enerji üreten boya duyarlı güneş pillerinin çalışma prensibi yapay fotosentez olayına benzetilmektedir (Timberlake, 2004).



Şekil 4.29: Boya Duyarlı Güneş Pili Örneği, Swiss Tech Kongre Merkezi (Enkhardt, 2022)

4.3.1.2.3 Enerji Depolayan Akıllı Malzemeler

Enerji depolayan akıllı malzemeler grubu; ışık, ısı, elektrik veya hidrojen formunda bulunan gizli enerjiyi depolayabilme özelliğine sahip ve belli oranda tersinir olabilme özelliği sergileyen malzemeleri ve ürünleri kapsamaktadır (Ritter, 2007).

Ritter (2007), enerji depolayan akıllı malzemeleri tetikleyici dış uyaranlara göre 4 farklı şekilde gruplandırmıştır. Bu başlıklar; (Ritter, 2007)

- Isı Depolayan Akıllı Malzemeler: Enerjiyi ısı ve soğuk (negatif ısı) şeklinde depolamalarını sağlayan doğal özelliklere sahiptir.
- Işık Depolayan Akıllı Malzemeler: Enerjiyi ışık şeklinde depolamalarını sağlayan doğal özelliklere sahiptir.
- Elektrik Depolayan Akıllı Malzemeler: Enerjiyi elektrik şeklinde depolamalarını sağlayan doğal özelliklere sahiptir.
- Hidrojen Depolayan Akıllı Malzemeler: Enerjiyi hidrojen şeklinde depolamalarını sağlayan doğal özelliklere sahiptir.

Mimarlık ve yapım sektöründe enerji depolayan akıllı malzemeler grubu içerisinde faz değişim malzemeleri en yaygın kullanılan örneği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Faz değişim malzemeleri, iç mekan iklim koşullarını ve ortam sıcaklığını düzenleyebilme özelliğine sahip olması sonucu yapılarda iklimlendirme için tüketilen enerjiden tasarruf sağlayarak temiz enerji olarak adlandırılan güneş enerjisinden pasif olarak faydalanarak yapıya sürdürülebilirlik açısından katkıda bulunmaktadır (Akgün, 2020).

Mimarlık ve yapım sektöründe tasarımcılar ve yatırımcılar tarafından faz değiştiren malzemelerin tercih edilmesinin en belirgin sebebi, öngörülebilir sıcaklıklarda enerjiyi emmek veya serbest bırakmak üzere tasarlandığı için bir yapının termal çevre ve dış mekan iklim koşulları ile mücadelesine doğal yollardan katkı sağlaması olarak karşımıza çıkmaktadır (Addington & Schodek, 2005).

Malzeme piyasasında faz değiştiren malzeme grubu özelliklerine sahip hammadde, ara malzeme ve son ürünler bulunmaktadır. Yapım sektöründe en büyük ilgiyi ise gizli ısı depolayan ve sıcaklığı düzenleyen ürünler görmektedir. Bu ürünler; (Ritter, 2007)

- Mikro kapsüllü Faz Değiştiren Malzeme
- Faz Değiştiren Malzeme ile Alçı ve Alçı Levha
- Faz Değiştiren Malzemeli Alüminyum Folyo Torba
- Işık Yönlendirmeli İzolasyon Cam Sistemi



Şekil 4.30: Faz Değiştiren Akıllı Malzeme ile Isı Depolanması, Senior Citizens Apartmanı, İsviçre (van Timmeren, 2009)

4.3.1.3 Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Geri dönüşümlü olabilecek şekilde madde alıp verebilen akıllı malzemeler olarak tanımlanan malzeme grubu, maddeleri molekül halinde çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerle katı, sıvı ve gaz halinde tersinir olarak bünyesinde barındırabilen, bağlayabilen veya serbest bırakabilen malzemeleri ve ürünleri tanımlamaktadır. Tasarım alanı içerisinde karşımıza çıkan en yaygın örnek ise gaz/su depolayan akıllı malzemelerdir (Ritter, 2007).

Gaz/su depolayan akıllı malzemeler grubuna örnek olarak mineral emici (adsorbent) ve tutucu (absorbent) malzemeler ile tutucu (absorbent) polimerler verilebilir. Tasarımcıların ilgisini çeken bu akıllı malzeme grubu elemanlarından akustik alçı panolar, doğal gürültü önleyici ve havada bulunan neme karşı gösterdiği tampon özelliğine ek olarak istenmeyen kokuları ve hava kirleticileri bağlayarak ve dönüştürerek iç mekanda hava kalitesini arttıracak mineral emici malzemeler içeren çok fonksiyonlu elemanlardır (Ritter, 2007).

5. AKILLI CEPHE SİSTEMLERİ VE AKILLI MALZEMELER İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR CEPHE UYGULAMALARI

Günümüz modern toplumunda nüfusun büyük çoğunluğunu bünyesinde barındıran kent birimlerinin en çok tercih edilen yapıları olan orta ve yüksek katlı yapıları incelediğimizde, çatı alanlarına karşın daha geniş yüzey alanına sahip cephe elemanlarına sahip olduklarını görmekteyiz. Kullanıcı taleplerine göre şekillenen modern orta ve yüksek katlı yapıların çatı alanlarını incelediğimizde alanın büyük çoğunluğunu asansör kuleleri, havalandırma motorları ve tesisat unsurları gibi altyapı elemanlarının kapladığını görmekteyiz. Yapıya dikey yüzey alanları sunan cephe birimleri ise tamamen değerlendirilebilir alanlardan oluşması sebebiyle sürdürülebilir tasarım açısından daha çok imkan sunmaktadır (Ghazali, Salleh, Haw, Mat, & Sopian, 2017).

Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir mimarlık alanında yapı ölçeği fark etmeksizin büyük önem arz eden cephe alanları; teknolojik atılımlar sonucu günden güne gelişim gösteren malzeme bilimi ve tasarımcıların malzeme alanında farkındalık seviyelerinin artması sonucu yapılara dahil olan akıllı malzeme elemanlarıyla yapı yaşam döngüsü boyunca en etkili yapı elemanı özelliğini kazanmıştır.

Tasarım ölçeğinde projelere dahil olmaya başlayan cephe sistemlerinin ve akıllı malzemelerin yanı sıra kullanımı hali hazırda devam eden yapılara da sonradan entegre edilebilen cephe sistemleri ve akıllı malzeme elemanları ile sürdürülebilir yapım odaklı tasarlanan/yenilenen bina sayısı günden güne artmaktadır. Bu artış yakın geçmişte yaşanan enerji krizlerinin sonucu olarak yakın gelecekte tehlike arz eden tükenbilir enerji kaynak rezervlerine alternatif çözümler üretmektedir.

Geleneksel yapı tasarım anlayışına alternatif akım olarak ortaya çıkan sürdürülebilir mimarlık, kullanıcı taleplerine hızlı cevap vermesi, temiz enerjiden faydalanabilmesi ve ekonomik açıdan sürdürülebilir olması özellikleriyle günümüzde vazgeçilmez yapı tasarım anlayışı haline gelmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda geleneksel anlayışla inşa edilen yapıların aksine yüksek teknolojiyle inşa edilen, mevcut çevresine uyum sağlayan, enerji etkin yapılarda kullanıcı konforu ve iç mekan yaşam kalitesi daha yüksektir. Sürdürülebilir mimarlık anlayışının ürünü olan yapılarda kullanıcılar daha sağlıklı bir yaşam sürmekte, daha verimli çalışmakta ve daha efektif eğitim-öğretim görmektedir (Sev, 2009).

Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir yapım ve akıllı bina sistemleri kapsamında tasarlanan, yapı yaşam döngüsü

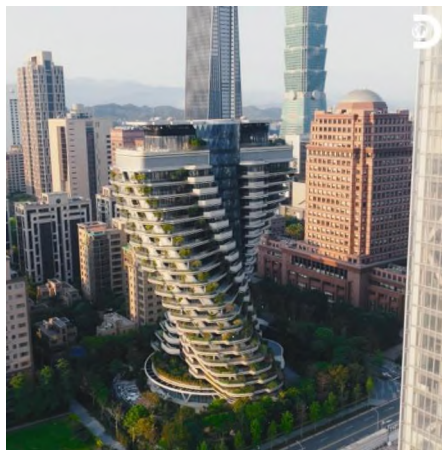
boyunca akıllı cephe sistemlerinden ve akıllı malzemelerden faydalanan yurtdışından ve yurtiçinden yapılar incelenmiştir. Değerlendirilen yapılar; sürdürülebilir özellikleri, cephe sistemleri ve bünyesinde barındırdığı akıllı malzeme kriterlerine göre incelenmiştir.

5.1 Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı

Tablo 5.1: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı

Yapı İsmi	Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı
Tasarımcı	Vincent Callebaut Architectures
Yapı Konumu/Yılı	Tayvan/2020
Toplam İnşaat Alanı	42.705 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	CO ₂ Emilimi, Güneş ve Rüzgar Enerjisi Sistemleri, Yağmur Suyu Toplama Sistemi
Kullanım Alanı	Cephe, Çatı

Küresel ısınmayla mücadele edebilmek adına enerji tasarruflu ve karbon emilimi yüksek bir yapı inşa etme idealiyle Belçikalı mimar Vincent Callebaut tarafından tasarlanan bu yapı her ne kadar şehir merkezinde bir dikey orman imajı çizse de tasarımın çıkış noktası yaşamın kaynağı ve uyumun simgesi olan DNA'nın çift sarmal yapısından ilham alıyor ve denge fikrini yansıtıyor (Callebaut, 2017).



Şekil 5.1: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı (İbrahim, 2023)

Tayvan'ın başkenti Taipei'de yer alan ve ‘‘Tao Zhu'nun İnziva Yeri’’ anlamına gelen bu gökdelen yapısı zeminden itibaren en üst kata kadar 90 derecelik bir dönüş açısına sahip olup sürdürülebilirlik konsepti odaklı inşa edilmiştir (Akbülbül, 2021).

Yapı; tasarımın ilham kaynağı olan DNA'nın çift sarmalından, depreme karşı dayanıklılık özelliklerinin üst düzey oluşuna kadar birçok teknik inşaat yöntemlerini bünyesinde barındırarak doğa dostu, mevcut çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir şekilde inşa edilmiştir. Sürdürülebilir mimarlık ölçeğinde ‘‘Tao Zhu Yin Yuan’’ apartmanı; enerji etkin tasarımı, ekolojik ayak izini azaltma ve karbon emilimi gibi fikirleri bütünleştirerek sürdürülebilirlik alanında sektörde öncü yapılar arasında kendisine yer bulmuştur (Çamuşoğlu, 2023).

Yenilikçi bilimsel anlayış, bio-iklimsel pasif sistemler ve pro-aktif teknolojilerin mimarlık pratiğindeki harika birlikteliğini gözler önüne sunan bir orman mimarisi olarak tanımlanan Tao Zhu Yin Yuan apartmanında her bir kat 4,5 derece döndürülerek kulenin tamamında 90 derece dönüş sağlanmıştır. Konut sakinleri için her bir dairenin iç mekan planlamasında üst düzey esneklik ve özgürlük imkanı sunulurken, 270 derecelik manzara hakimiyeti, çift katlı tasarım ve tamamen kolonsuz iç mekana sahiptir. Yenilikçi ve modern tasarımın bir sonucu olan kolonsuz iç mekan hacimleri ile daha geniş pencere kullanımı ve manzaradan faydalanma imkanı oluşmuştur (Archdaily, 2021).



Şekil 5.2: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı Kuşbakışı Görünümü (İbrahim, 2023)

Sürdürülebilirlik kriterleri açısından incelediğimizde Tao Zhu Yin Yuan apartmanında; çekirdek hacminde çift cam cephe kaplaması, yağmur suyu geri kazanım sistemleri, 6 adet rüzgar enerjisi üretimi, güneş enerjisinden faydalanan paneller, yenilenebilir enerji teçhizatı ve karbonu absorbe eden çok sayıda bitki ilavesi (İbrahim, 2023), rejeneratif asansörler, yüksek verimli klimalar, LED aydınlatmalar (Archdaily, 2021) ile toprak hafriyatını arttıracak katlı otopark çözümü yerine her dairenin girişine tasarlanan garaj ve araçları taşıyan düşey sirkülasyonlu asansörler kullanılmıştır (Akbülbül, 2021).

Kolonsuz iç mekanlara sahip yapının strüktür yapısı bir kayakçının vücut yapısından ilham alınarak tasarlanmıştır. Yapının merkezinde bulunan silindirik hacim kayakçının vücudunu temsil ederken 21. katın üzerinde sağlı sollu bulunan 5 metrelik kirişler kayakçının kollarını, çekirdeğin iki yanından yükselen sütunlar ise kayak direklerini temsil etmektedir (Akbülbül, 2021).



Şekil 5.3: Tao Zhu Yin Yuan Apartmanı Strüktür Yapısı (Callebaut, 2017)

5.2 Shangai Tower

Tablo 5.2: Shangai Tower

Yapı İsmi	Shangai Tower
Tasarımcı	Gensler
Yapı Konumu/Yılı	Çin/2015
Toplam İnşaat Alanı	540.000 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Çift Tabakalı Cephe, Yağmur Suyu Toplama Sistemi, Rüzgar Enerjisi Sistemleri, Asimetrik Cephe
Kullanım Alanı	Cephe, Çatı

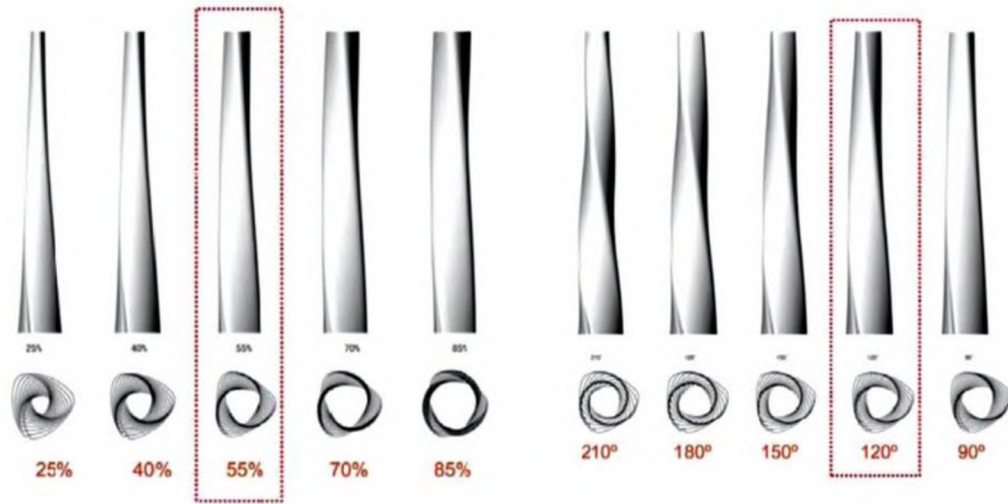
Yapımına 2008 yılının kasım ayında başlanan Shangai Tower (Şanghay Kulesi), Çin'in en büyük nüfusuna sahip olan Şanghay kentinin finans merkezi olarak bilinen Lujiazui yarımadasında, Huangpu Nehri'nin doğu yakası boyunca uzanan iş ve ticaret merkezi olan Pudong'ta bulunmaktadır (Kazimov, Selçuk, & Ilgın, 2017).



Şekil 5.4: Shangai Tower Asimetrik Cephe Tasarımı (Gensler, 2015)

Dikey şehircilik (Vertical Urbanism) anlayışıyla tasarlanan yapı diğer yüksek yapıların aksine yenilikçi ve modern gökyüzü bahçeleriyle şehir ölçeğinde yatay olarak her yere yayılan park birimlerinin yerine dikey olarak yığılmış toplanma alanları imkanı sunuyor (Gensler DU, 2015).

Şanghay kentinin mevcut rüzgar potansiyelinin tayfunlara sebep olabilecek seviyelerde olması gerekçesiyle yapının sahip olduğu sarmal saydam formun ve yapı strüktürünün geliştirilmesinde öne çıkan 3 ana başlık; asimetrik kule cephesi, daralarak yükselen kule formu ve bina köşelerinin yuvarlatılması olarak karşımıza çıkmaktadır. Gensler, yapı mühendisi Thornton Tomasetti ve tasarım ortakları tarafından laboratuvar ortamında 1:85 ölçekli yapı maketine yapılan rüzgar testleri sonucunda kulenin cephede maruz kalacağı rüzgar yüklerini %24 azaltacak olan zeminden tepeye doğru %55'lik daralma açısı ve eksenel olarak 120 derecelik döndürülen form ve strüktürde karar kılmıştır. (Kazimov, Selçuk, & Ilgın, 2017).



Şekil 5.5: Rüzgar Yüklerine Karşı En iyi Form Arayışı, Shanghai Tower (Kazimov, Selçuk, & Ilgın, 2017)

Yapılan testler sonucu yapı formunu iyileştirerek %24 oranında azaltılan rüzgar yükleri sonucu pahalı yapı malzemelerinde 58 milyon dolar tasarruf sağlanarak kare formlu gökdelenlerin aksine daha hafif bir yapı elde edilmiştir (Gensler DU, 2015).

Her biri 12-15 kat aralığında değişen 9 düşey bölgeden oluşan Shanghai Tower yapısında, birinci bölge lüks mağazaları, kafe ve restoranların bulunduğu bölgedir. 2-6. bölgeler ofis alanlarıdır. 7-8. Bölgede beş yıldızlı bir otel bulunurken 9. ve son bölge ise açık-kapalı gözlem güverteleri gibi kamusal alanları bünyesinde barındıran bölgedir (Kazimov, Selçuk, & Ilgın, 2017).

Asya kıtasında en yüksek, dünya genelinde ise ikinci en yüksek yapı olan Shangai Tower'da yapı yüzeyini saran sarmal forma sahip cephe ile yapı doğal olarak iklimlendirilmektedir. Doğal aydınlatma, doğal iklimlendirme gibi gereksinimler sonucu çift tabakalı cephe sistemi uygulanan yapıda 210.000 m² giydirme cephe alanı sayesinde iç mekan-dış mekan arasında tampon bölge görevi gören ve kullanıcılara sosyalleşme imkanı sağlayan, kentin geleneksel peyzaj öğelerini ve avlu kullanımını anımsatan gökyüzü lobilerine sahiptir (Kazimov, Selçuk, & Ilgın, 2017).



Şekil 5.6: Gökyüzü Lobileri, Shangai Tower (Gensler DU, 2015)

Şanghay kulesinin en önemli sürdürülebilir özelliklerinden bir diğeri ise kulenin bitiş parabetinin hemen altına yerleştirilen 270 adet rüzgar türbini ile yılda yaklaşık 350.000 kWh enerji üretilmektedir. Bu miktar yapının gereksinim duyduğu enerjinin %10'una denk gelirken Birleşik Krallık'taki ortalama 80 evin tüketimine eşdeğerdir (Williams, 2015).



Şekil 5.7: Rüzgar Türbinleri, Shangai Tower (Blackstation, 2015)

5.3 Souchais Spor Kompleksi

Tablo 5.3: Souchais Spor Kompleksi

Yapı İsmi	Souchais Spor Kompleksi
Tasarımcı	Murail Architectures
Yapı Konumu/Yılı	Fransa/2006
Toplam İnşaat Alanı	3.360 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Aerojel dolgulu cephe panelleri
Kullanım Alanı	Cephe

Takım sporları için tasarlanan sahanın yanı sıra tekerlekli paten alanı, masa tenisi odası, çok amaçlı salon, kulüp evi, sosyal birimler, hizmetli alanlarını ve 300 kişilik tribünü bünyesinde barındıran 24 x 44 m ölçülerinde ve 9 metre yüksekliğinde olan yapı aynı zamanda açık egzersiz alanları ve 250 araçlık otopark imkanı ile toplam 1.7 hektarlık bir açık hava tesisidir (L'Observatoire Caue, 2022).



Şekil 5.8: Aerojel Dolgulu Panellerin İç Mekana Etkisi, Souchais Spor Kompleksi (Chalmeau, 2022)

1500 m²'lik cephe alanına sahip spor kompleksinin tüm cepheleri dolgu malzemesi olarak aerjel kullanılan çok katmanlı polikarbonat panellerden oluşmaktadır. Aerjel dolgulu panel kullanımı sayesinde gün içerisinde ilave olarak yapay aydınlatma gereksinimi ve başta takım sporları olmak üzere bazı spor branşlarını etkileyebilecek olan iç mekanda - istenmeyen- bölgesel gölge oluşma ihtimali ortadan kaldırılmıştır (Leydecker, 2008).



Şekil 5.9: Cephede Aerjel Dolgulu Panel Kullanımı, Souchais Spor Kompleksi (Chalmeau, 2022)

5.4 Ara Pacis Müzesi

Tablo 5.4 Ara Pacis Müzesi

Yapı İsmi	Ara Pacis Müzesi
Tasarımcı	Richard Meier & Partners
Yapı Konumu/Yılı	İtalya/2006
Toplam İnşaat Alanı	2.700 m ² (~)
Akıllı Malzeme(ler)	Lotus Etkili Kendini Temizleyebilen Boya
Kullanım Alanı	Cephe

Yapımına 1995 yılında Richard Meier&Partners tarafından başlanan ve 2006 yılında tamamlanan Ara Pacis Müzesi, milattan önce 9. yüzyıla ait Ara Pacis Sunağı'nın açık alanda bulunduğu sürece maruz kaldığı tahribatın önüne geçmek ve tapınağın tasarım diline uygun yeni bir mekan üretmek amacıyla projelendirilmiştir (Yıldız, 2019).

Müze işlevi kazandırılarak tasarlanan bu yapının asıl amacı Ara Pacis Sunağı'nı korumak ve elverişli bir ziyaret mahali oluşturmak olmasına karşın bünyesinde; oditoryum, geçici sergi alanları, seyir terası gibi kamusal işlevlere sahip birimleri de barındırmaktadır (Erdem, 2019).



Şekil 5.10: Ara Pacis Sunağı, Ara Pacis Müzesi (Halbe, 2011)

İtalya'nın başkenti Roma'da yer alan müze kentin geleneksel yapılarıyla modern yapıları arasında köprü niteliği taşıyan Tibet Nehri'nin yanında konumlandırılmıştır. Roma şehrinin sağlıklı havasının yanı sıra yoğun hava kirliliğinin bulunduğu bir alanda konumlandırılan yapıda, sahip olduğu beyaz renkli cephelerin rengini ve temizliğini sürdürülebilir şekilde koruyabilmek adına, kendi kendini temizleyebilme özelliğine sahip lotus etkili şeffaf nanomalzeme boya tercih edilmiştir (Gür M. , 2010)



Şekil 5.11: Cephenin sokak görünümü, Ara Pacis Müzesi (Valentini, 2015)

Tasarımlarında beyaz renk kullanımını imza haline getiren Richard Meier tarafından tasarlanan yapı şehrin tarihi merkezinde çelik, traverten ve cam malzemeleriyle inşa edilmiş ve bir yandan korurken bir yandan sergilediği sunak ile yarışmamak adına ve de iç mekana etkin ışık alımını sağlamak üzere yapının tasarımında sadece beyaz renk tercih edilmiştir (Orhon, 2014).

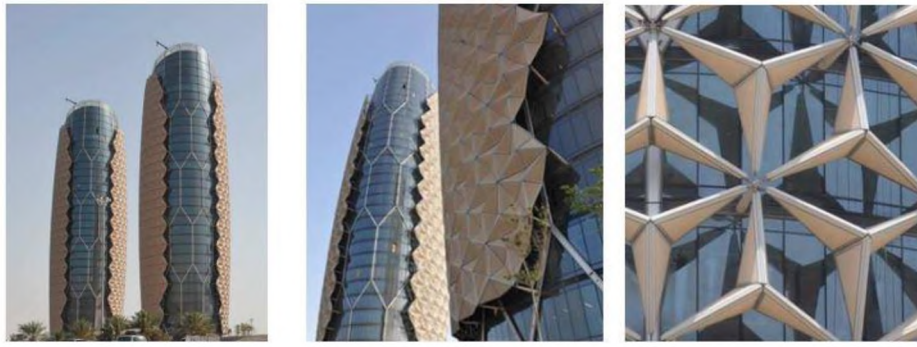
Roma döneminden kalma eseri en modern eser koruma kriterlerine uygun şekilde muhafaza etmek ve sergilemek adına, dış cephede lotus etkili beyaz renkli boya kullanımıyla sağlanan sürdürülebilir tasarıma ilaveten asıl odak noktası olan sunağı, Roma'nın sahip olduğu atmosferik kirlilikten korumak üzere cephede kullanılan tamperli camların her biri 12 mm'lik iki katmandan oluşmaktadır. İki katman arası boşluk argon gazıyla doldurulmuş olup ışık ışınlarını filtrelemek için asil metal iyonlarından oluşan bir katmandan oluşmaktadır. Tercih edilen bu teknolojiyle birlikte estetik, şeffaflık, termal-akustik yalıtım ve ışık filtreleme arasında optimal bir ilişki kurulmuştur (WidePrint, 2015).

5.5 Al Bahar Towers

Tablo 5.5: Al Bahar Towers

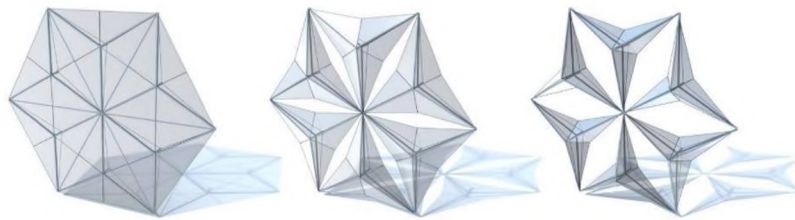
Yapı İsmi	Al Bahar Towers
Tasarımcı	Aedas
Yapı Konumu/Yılı	BAE/2012
Toplam İnşaat Alanı	56.000 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Güneş Kontrol Elemanları
Kullanım Alanı	Cephe

Uluslararası yarışma projesi niteliği taşıyan bu yapı, Abu Dhabi Yatırım Konseyi'nin yeni merkezi için tasarlanmış olup 2012 CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) Ödülleri kapsamında, CTBUH Yenilik Ödülü'ne layık görülmüştür. Yaz mevsiminde 120 °F (~49 °C) gibi yüksek hava sıcaklıklarına ulaşan BAE'nin (Birleşik Arap Emirlikleri) başkenti Abu Dhabi kenti çöl iklimine sahip olup tasarım, cephesinde güneş etkili yüzey alan miktarını azaltmak ve en az yüzey alanı miktarıyla en büyük yapı hacmini elde etmek üzere dairesel plan tasarımına sahip iki kuleden oluşmaktadır. Dairesel plana sahip 29 katlı kulelerin düşey formu temelde ve bina üst kotunda daralırken yapının orta kısımlarında şişkindir (Başaran, 2015).



Şekil 5.12: Cephe Güneş Kontrol Elemanları Kullanımı, Al Bahar Towers (Altın & Orhon, 2014)

Çöl iklimine sahip kentte inşa edilen yapının cephesi tasarlanırken, dahil olacağı kültürel mimarinin bir elemanı olan Mashrabia'nın; çalışma prensibi ve geometrik kompozisyonu ile bitkilerin güneşin konumuna bağlı hareketleri ve iklimsel değişikliklere adaptasyonu bir arada kullanılarak iç mekanda parlama ve yansıma gibi istenmeyen durumlar azaltılırken mahremiyet ihtiyacı da sağlanmıştır. Buna ilaveten kağıt katlama sanatı olan origami de tasarıma dahil edilince, güneşin konumuna göre kendini ayarlayabilen, modern, yenilikçi, çevresel koşullara uyum sağlayabilen bir cephe sistemi tasarlanmıştır (Altın & Orhon, 2014).



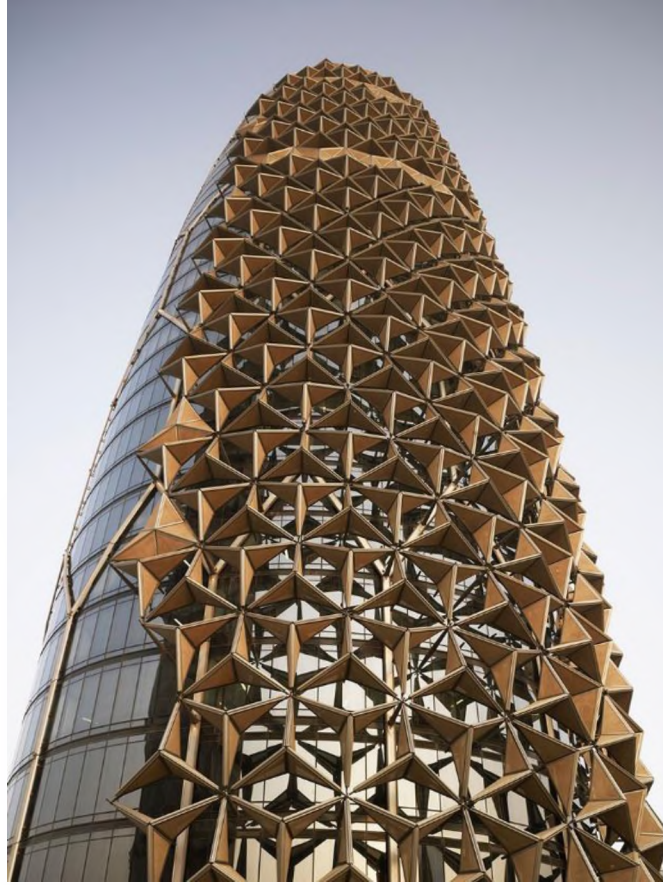
Şekil 5.13: Güneş Konumuna Göre Şekillenen Cephe Elemanı, Al Bahar Towers (Aedas, 2012)

Güneş kontrol elemanı olarak sürdürülebilir mimarlık kapsamında yapıya tasarım aşamasında dahil edilen ve üçgen birimlerden oluşan dinamik güneş perdeleme üniteleri, kullanıcı müdahalesine gerek duymadan güneşin konumuna ve ışık miktarına göre işlevini yerine getirebilen aktif sistem özelliklerine sahiptir.

Origami şemsiyelerini andıran bu dinamik gölgeleme elemanları, yapı cephesinin ve iç mekanın maruz kaldığı güneş ışığını optimize etmek üzere güneşin konumuna ve hareketine göre tepkiler vererek çeşitli açılarda açılıp kapanır. Dinamik bir yapıya sahip olan bu katlanır geometrik birimler, karmaşık yapılara uygulandığında geleneksel panjur sistemlerine kıyasla daha aktif ve verimli çalışır. Katlama sistemi, gölgeleme elemanlarını kimi zaman kesintisiz tam geçirirken bir yapıya kimi zaman ise gölge ve ışık sağlayabilen kafes benzeri bir desene dönüştürür. Bu fiziksel değişim pratikliği iç mekanda parlamayı azaltırken, iç mekan manzarasını olumsuz etkileyen koyu renkli camlardan ve iç panjur mekanizmalarından kaçınarak daha iyi bir görüş ve manzara sağlar. Doğal ve dağınık ışığın iç mekana daha dengeli ve kontrollü dahil edilmesini sağlayan bu güneş kontrol elemanları sayesinde yapay ışık gereksinimi ve buna bağlı enerji maliyetleri azalır. Güneş kontrol elemanları aracılığıyla yapı cephesinde azaltılan güneş enerjisi kazanımı sonucu iç mekan soğutma yükleri, enerji tüketimi de azalmıştır (Karanouh & Kerber, 2015).

Kulelerin her birinde üçgen forma sahip gölgeleme ünitelerinden 1000'er adet bulunmaktadır. Güneş kontrol elemanlarından oluşan ve ikinci bir cephe özelliği taşıyan bu üniteler cam cepheden 2 metre uzaklıkta olacak şekilde yapıya entegre edilmiştir. Sistemin yapıya sağladığı gölgeleme oranı %80 olmakla birlikte çöl iklimine sahip kentte olumsuz sonuçlara sebebiyet vermemekte aksine yapay aydınlatma gereksinimi azaltmaktadır. Sabit gölgeleme elemanlarına sahip benzer yapılarda ise gün içerisinde yapay aydınlatma gereksinimi oldukça yüksektir (Altın & Orhon, 2014).

Dinamik gölgeleme ünitelerinin yapıya sağladığı parlamanın azaltılması, yeterli ve kontrollü gün ışığı alımı, yapay aydınlatma gereksiniminin azaltılması, güneş ışıınımı kazancının %50 düşürülmesi gibi faydaların sonucunda CO₂ emisyonu ölçütlerinde yılda 1750 ton düşüş sağlanmıştır. Bu kriterler doğrultusunda karbon ayak izini de azaltan Al Bahar kuleleri sürdürülebilir yapı anlayışına sahip bir bina olarak tanımlanabilmektedir (Altın & Orhon, 2014).



Şekil 5.14 Mashrabiya Etkili Cephe Tasarımı, Al Bahar Towers (Demirel, 2016)

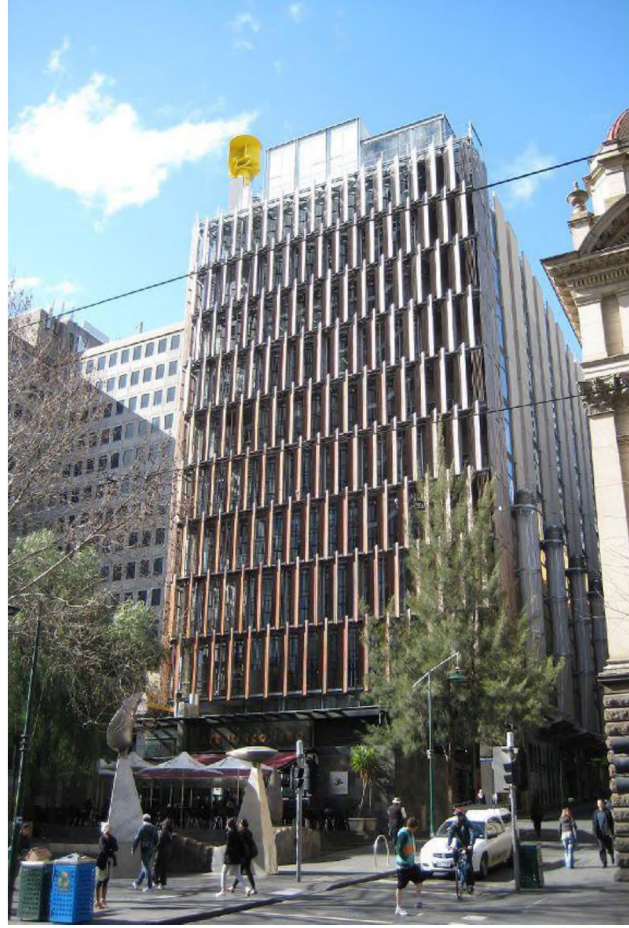
5.6 Council House 2

Tablo 5.6: Council House 2

Yapı İsmi	Council House 2 (CH ₂)
Tasarımcı	DesignInc
Yapı Konumu/Yılı	Avustralya/2006
Toplam İnşaat Alanı	12.500 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Güneş Kontrol Elemanları, PV Panel, Rüzgar Türbini, Geri Dönüştürülmüş Malzemeler
Kullanım Alanı	Cephe, Çatı

Avustralya'nın Victoria eyaletinin başkenti ve en çok nüfusa sahip şehri olan Melbourne'de bulunan Council House 2 yapısı, yine Avustralya merkezli DesignInc mimarlık ve tasarım ofisi tarafından, Melbourne Belediyesi ile işbirliği içerisinde tasarlanmış ve 2006 yılında yapımı tamamlanmıştır.

2020 yılına kadar belediye ölçeğinde sıfır emisyon hedefi belirleyen Melbourne Belediyesi, ticari binaların sahip olduğu enerji tüketiminin %50 azaltılmasının, sıfır emisyon stratejisine büyük katkıda bulunacağı düşüncesine sahiptir. Yerel pazarda bulunan geliştirmecilere çalışan ve işe yarar bir örnek sunmak amacıyla pilot uygulama olarak tasarlanan Council House 2 yapısı gösterdi ki birinci sınıf bina üretmenin temeli mümkün olduğunca pasif enerji sistemlerine dayanan tasarımlar gerektiriyor (Archdaily, 2013).

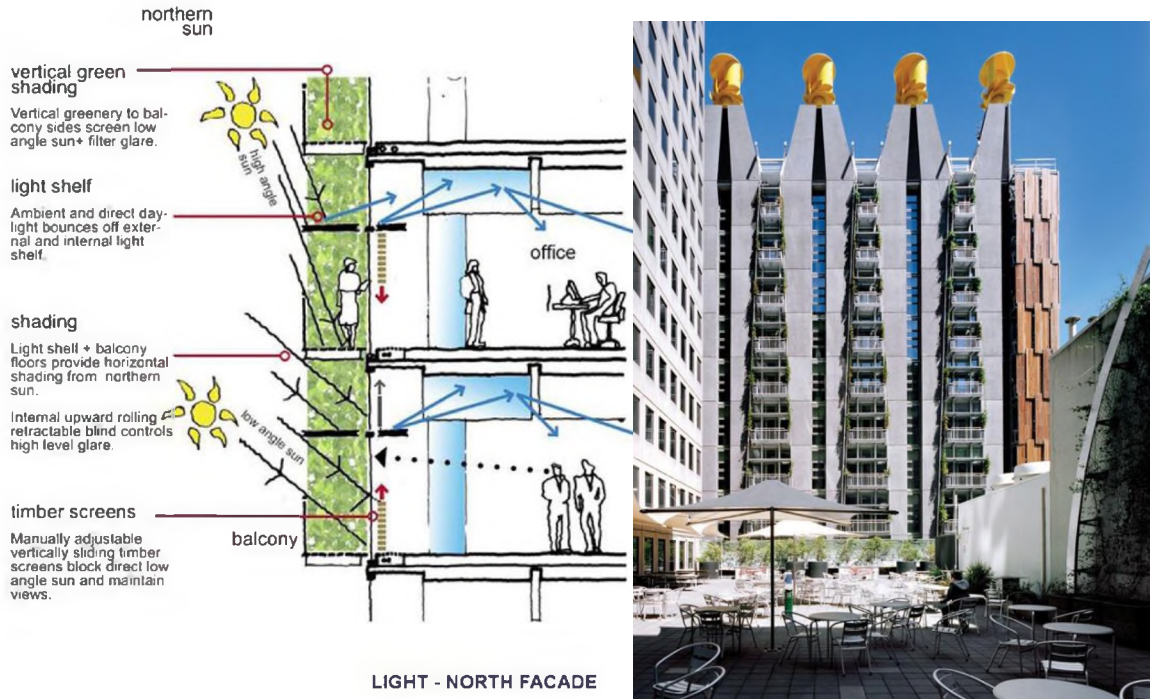


Şekil 5.15: Batı Cephesinde Bulunan ve Güneşe Göre Şekillenen Panjurlu Cephe, Council House 2 (Pearce, 2006)

Melbourne kentinde idari bina işlevine sahip Council House 2 sürdürülebilir mimari adına önemli örneklerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. CO₂ emisyonlarını %87, elektrik tüketim oranını %82, doğalgazı %87 ve su tüketimini %72 azaltabilme özelliğine sahip yapı birçok ödüle layık görülürken sürdürülebilir mimarlık ve yapım sektörünün geleceği

adına ilham verici bir çalışmadır. Geceleri iç mekanda bulunan bayat havayı tahliye eden yapı kullanıcıların aktif olarak çalıştığı gündüz vaktinde ise %100 taze havayı iç mekana çeker. Yapı cephesinde bulunan sistemler ısıyı ve ışığı yansıtmak ve toplamak adına güneşin konumuna, yönüne ve miktarına göre hareket etmektedir. Yapı kullanıcılarının verimliliğini olumlu yönde %4.9 oranında etkileyen sürdürülebilir sistemlerin, yapım maliyetlerini on yıldan biraz fazla süre içerisinde karşılayacağı düşünülmüş tasarlanmıştır (Pearce, 2006).

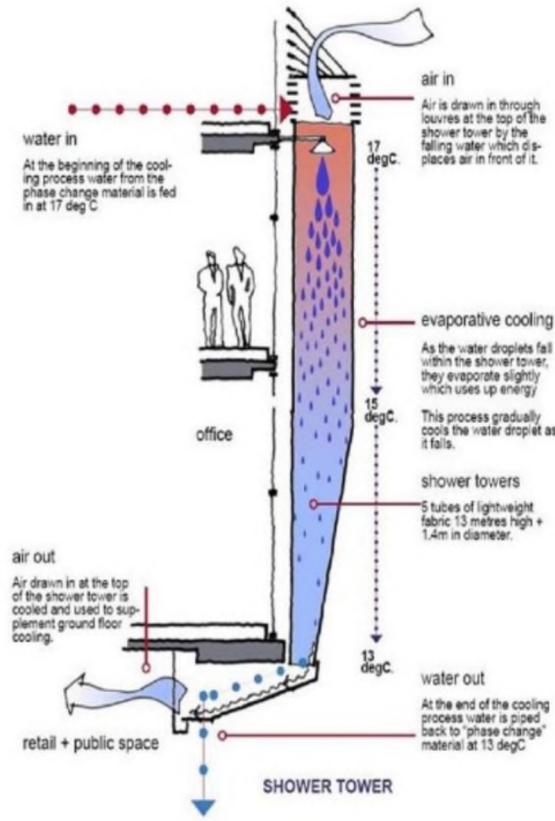
Dünya genelinde en sağlıklı kapalı ticari çalışma mekanlarından birini oluşturma hedefi doğrultusunda; güneşe ve rüzgara yanıt verebilen, enerji ve su tüketimini büyük oranda azaltan, doğal ışığı optimize edebilen, dış mekandan alınan havayı %100 filtreleyen ve yapımında geri dönüştürülmüş malzemeler kullanan yapı, Melbourne şehrinin 2020 stratejik hedeflerine göre sıfır net emisyonlu olacak şekilde bir pilot proje olarak tasarlanmış ve yapım sonrası Avustralya Yeşil Bina Konseyi tarafından belirlenen 6 yıldızlı derecelendirme sisteminin tamamını karşılayan ve hatta aşan ilk yeni ticari bina ünvanını elde etmiştir (DesignInc, 2006).



Şekil 5.16: Kuzey Cephesinde Bulunan Balkonların Çalışma Prensibi (Pearce, 2006) ve Balkonlar (Snape, 2013)

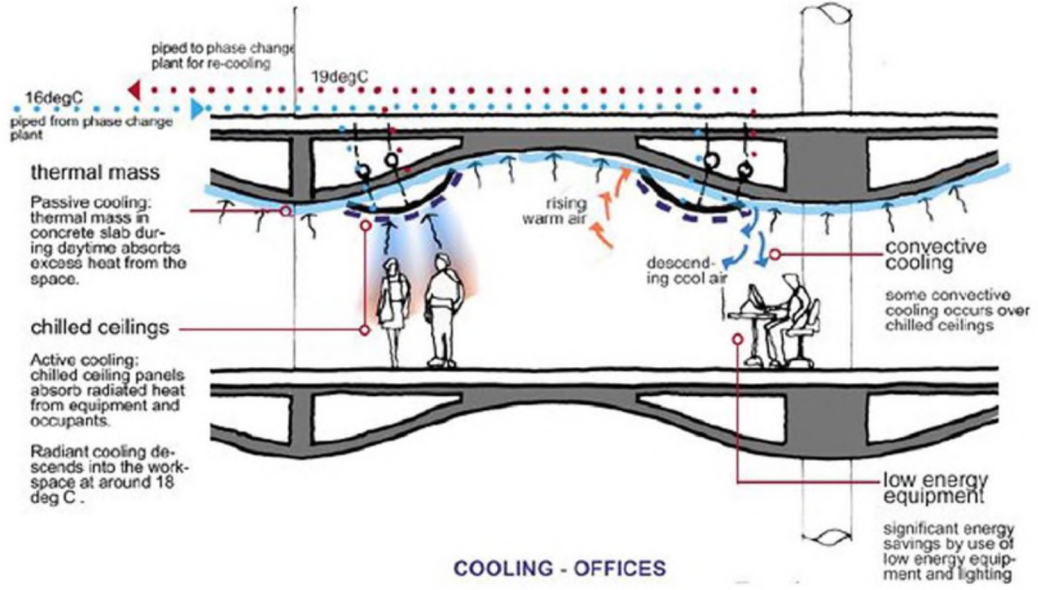
Yapıda sürdürülebilir tasarım adına geri dönüştürülmüş beton ve kereste kullanımı, güneş ışığına göre hareket eden ahşap panjurlar, atık su toplama sistemleri ve doğalgaz ile güneş enerjisini birleştirerek ortak enerji üretimi, fotovoltaik ve termal güneş panelleri kullanımı

ve iç mekan hava temizliğinde ritüel haline gelen ‘‘gece temizliği’’ için rüzgar türbinleri kullanılmıştır. Child Beam (Soğuk Kiriş) prensibiyle iç mekan soğutma sistemi için kanalizasyon madenciliğini kullanan dünyadaki ilk yapı olan Council House 2 aynı zamanda soğuk su üretmek ve depolamak için duş kulelerinden de faydalanmaktadır (DesignInc, 2006).



Şekil 5.17: Güney Cephesinde Bulunan Duş Kuleleri Çalışma Prensibi (Pearce, 2006) ve Duş Kuleleri (Snape, 2013)

İnşaat maliyeti 51 milyon dolar olan Council House 2 yapısında yapım maliyetinin neredeyse çeyreği olan 12 milyon dolar atık, su ve enerji inovasyonunu sağlamak üzere kullanılmıştır (Çayoğlu Kurtkal, 2022). Melbourne şehri Şehir Tasarımı ve Projeler Direktörü Rob Adams, bina üzerine yapılan verimlilik araştırmaları sonucunda günde 2 kez meydana gelen iç mekanda tam hava değişiminin personel sağlığında ve üretkenliğinde %10.9'luk bir artışa yol açtığını dile getirmiştir. Bu artışın sonucu olarak da yılda yaklaşık 2 milyon dolar tasarruf edildiği belirlenmiştir (Pearce, 2006). Bu veriler doğrultusunda yapıda bulunan havalandırma sistemleri maliyetinin 5-6 yıl gibi kısa bir sürede kendini amorti edeceği sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 5.18: Dalgalı Tavan ve Soğuk Kiriş Çalışma Prensibi (Pearce, 2006)



Şekil 5.19: Dalgalı Tavan ve Soğuk Kiriş İç Mekan Görüntüsü (Hannah, 2013)



Şekil 5.20: Batı Cephesinde Bulunan Güneşe Göre Açılır-Kapanır Ahşap Panjurlar, Council House 2 (Snape, 2013)



Şekil 5.21: Çatıda Bulunan Rüzgar Türbinleri, Council House 2 (Snape, 2013)

5.7 Bay View Campus-Google

Tablo 5.7: Bay View Campus

Yapı İsmi	Bay View Campus
Tasarımcı	Bjarke Ingels Group (BIG) ve Heatherwick Studios
Yapı Konumu/Yılı	ABD/2022
Toplam İnşaat Alanı	102.193 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Fotovoltaik Panel, Jeotermal Kazık
Kullanım Alanı	Çatı, Cephe, Temel

Dünya çapında önde gelen mimarlık ve tasarım ofislerinden biri olan Kopenhag merkezli Bjarke Ingels Group (BIG) ve Londra merkezli Heatherwick Studio tarafından tasarımı yapılan, Google şirketinin, Kaliforniya eyaletinde bulunan Silikon Vadisi yerleşimindeki Bay View Kampüsü, 2017 yılında yapımına başlanmasının üzerinden geçen 5 yılın sonunda 2022 yılında açılmıştır.

Google şirketinin tasarım ve mühendislik ekipleri ile ortak bir çalışma içerisinde tasarlanan yapı, şirket için iki ofis binası, 1000 kişi kapasiteli etkinlik merkezi ve kısa süreli şirket çalışanlarının kullanabilmesi adına 240 konaklama biriminden oluşmaktadır. 100.000 m² gibi büyük ölçekli dev bir alana yayılan kampüs biriminin en dikkat çekici özelliği ise üçgen benzeri eğimli forma sahip hafif kanopi çatılara sahip olmasıdır (DAC, 2022).



Şekil 5.22: Üçgen Kanopi Formlu Çatılar, Bay View Campus (Baan, 2022)

Kampüs yapısının misyonu, Google şirketinin sahibi olduğu ve bünyesinde ofis birimleri, etkinlik birimleri, konaklama birimleri ve açık alanlar gibi işlevleri barındıran işyerinin geleceği adına, insan merkezli tasarım oluştururken bir yandan da inşaat ve ofis tasarımı anlayışı için yeni ve küresel ölçekli sürdürülebilir standartları belirlemektir. 2030 yılına kadar tamamen karbonsuz enerji ile çalışma hedefi doğrultusunda kampüs yapısına, Kuzey Amerika’da bulunan en kapsamlı jeotermal kazık sistemi entegre edilmiş ve yapıda gereksinim duyulandan daha fazla su üretildiği/toplandığı/depolandığı için net su pozitifdir. Kampüs, yapı birimleri dışında ıslak çayırılar, ormanlık alanlar ve bataklıklar gibi farklı doğal alanların da içinde bulunduğu 17 dönümlük yüksek değerli peyzaj alanlarına sahip bir tesis yapısı olarak tasarlanmıştır (Florian, 2022).



Şekil 5.23: Kampüs Yapıları Genel Görünüm, Bay View Campus (Baan, 2022)

İç mekanda geniş açıklık imkanı sunan üçgen formlu kanopi çatılar, yaklaşık yedi megawatt enerji üreten 50.000 güneş paneli ile donatılmış olup ejderha derisini andırdığı gerekçesiyle Ejderha Ölçeği (Dragon Scale) isimli güneş paneli kaplamalı çatı sistemlerinden oluşmaktadır. Tasarlanan bu opak çatı yapıları sayesinde iç mekanda akustik kontrol sağlanırken, çatı boşluklarından ve saçak altlarından mekanda kamışma oluşturmayacak ve kullanıcı konforunu gözeterek şekilde doğal ışıktan faydalanılıyor. Bu sistem sayesinde yapıda istenmeyen termal ısı kazançlarının da önüne geçiliyor (Eko Yapı, 2022).



Şekil 5.24: Ejderha Ölçekli Güneş Paneli Kaplamalı Çatı Görünümü, Bay View Campus (Baan, 2022)



Şekil 5.25: Ejderha Ölçekli Güneş Paneli Birleşim Detayı, Bay View Campus (Baan, 2022)

Google tarafından projenin tasarım aşamasında hazırlanan ve kampüs yapısı için tasarım özeti sunan çalışmada yapı tasarım kriterleri açısından üç ana temaya odaklanıldığı görülmüştür. İnovasyon, doğa ve topluluk başlıkları altında karşımıza çıkan bu üç ana tema doğrultusunda, işbirliği içerisinde yaratmaya ilham ve imkan veren esnek tasarım ve kullanıcı deneyimi odaklı tasarım kriterleri göz önünde bulundurulmaktadır. İki katlı olacak şekilde tasarlanan yapılarda üst kat ekip alanlarına, ofis birimlerine ve odaklı çalışma mahallerine ayrılmıştır. Alt kat ise ortak çalışma, toplanma, dinlenme ve etkinlik birimlerinden oluşmaktadır. Ofis ve çalışma alanlarına ayrılan üst katta, ekiplere ihtiyaçları doğrultusunda çalışma alanları tahsis etmek adına son derece esnek düzene sahip mahalle alanları oluşturulmuş ve bu birimleri zeminde ayırtıran çeşitli döşeme plakaları kullanılmıştır (Eko Yapı, 2022).



Şekil 5.26: Üst Katta Bulunan Açık Mahal Ofis Birimleri, Bay View Campus (Baan, 2022)

Körfez manzarasına sahip yapılarda tasarlanan kapalı avlular ve dikey sirkülasyon elemanları aracılığıyla ofis ve etkinlik birimlerinden oluşan iki kat birbirine bağlanarak çalışanların kafelere, küçük mutfaklara, konferans salonlarına ve etkinlik alanlarına ulaşımı kolaylaştırılmıştır. Kotlar arası ulaşım işlevine sahip avlular aynı zamanda iç mekan personel sirkülasyonunda, fiziksel hareketin fizyolojik faydalarını teşvik ediyor ve yön bulma elemanı işlevi görüyor (ArchEyes, 2022).



Şekil 5.27: Katlar Arası Ulaşımı Sağlayan Kapalı Avlu, Bay View Campus (Baan, 2022)

Ofis katını örten ve ortalama dikey sütun açıklıklarına sahip geniş açıklıklı üçgen formu kanopi çatı elemanı, ikinci kat çalışma alanlarının tamamının açık ve tek bir örtü altında bağlanması imkanı sunmuştur. Kanopiyi noktalayan bölgelerde özenle tasarlanmış asma kat pencereleri sayesinde iç mekanda istenmeyen parlamaların önüne geçilmiş ve doğal ışığa ve manzaraya erişim önceliği sağlanmıştır. Üçgen formu kanopi çatının sahip olduğu yapısal yenilik; aşırı kolonlar ve destek duvarları ile iç mekanın bölümlere ayrılması yerine, geniş ve ferah bir çalışma alanı tasarlama imkanı sunmuştur. Bu tasarım sayesinde iç mekanda bulunan her bir kullanıcının taban plakası boyunca doğal ışıktan ve asma kat pencereleri ile sunulan manzara imkanından eşit şekilde faydalanabilmesi sağlanmıştır (ArchEyes, 2022).

Tesisin tamamen elektrik enerjisiyle çalışabilmesi adına kapsamlı bir jeotermal kazık sistemini bünyesinden barındıran Bay View Kampüsü'nde, bu sistem sayesinde karbon emisyonlarının yaklaşık %50 oranında ve soğutma için kullanılan suyun %90 oranında azaltılacağı tahmin ediliyor. Bu sistemlerin yanı sıra Google şirketi tarafından oluşturulan tesis içi sistemler, yağmur sularını ve oluşan atık suları toplayarak arıtır ve yeniden kullanılabilir hale getirir. Bu dönüşüm hem şirket çalışanlarını hem de yakında bulunan Bay Trail sakinleri için habitat restorasyonu, deniz seviyesinin yükselmesine karşı koruma ve doğal sulak alanlara erişim sağlar (Florian, 2022).

Tasarım süreci başından sonuna kadar incelendiğinde karbon emisyonu azaltma fikrine yönelik kararlar ön plana çıkmaktadır. Yapıda bulunan mutfak birimleri dahi karbon emisyonunu azaltma amacıyla %100 elektrikli olacak şekilde planlanmıştır. Kampüs yapısı, gereksinim duyduğu enerji ihtiyacının birçoğunu çatısında bulunan ve devasa ölçülere sahip güneş panellerinden karşılarken bir kısmı için de tesis yakınında bulunan rüzgar çiftliklerinden gelen enerjiyi kullanıyor. Tesis dışından temin edilmesine karşın rüzgar enerjisinden faydalanarak elde edilen enerji kullanımı ile temiz enerji prensibi de korunmuş oluyor. Google gibi küresel ölçekte bilinilirliğe ve etkiye sahip bir şirketin, tasarım kararlarında yenilenebilir enerji kullanımını ve sürdürülebilir tasarım ilkelerini benimsemesi, büyük ölçekli ofis projeleri için ilham verecek seviyede oldukça başarılı bir adım olarak kabul edilmektedir (DAC, 2022).



Şekil 5.28: Kampüs Yapıları Genel Görünümü, Bay View Campus (Baan, 2022)

5.8 İstanbul Sapphire

Tablo 5.8: İstanbul Sapphire

Yapı İsmi	İstanbul Sapphire
Tasarımcı	Tabanlıoğlu Mimarlık
Yapı Konumu/Yılı	Türkiye/2011
Toplam İnşaat Alanı	165.139 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Çift Tabakalı Cephe, Hareketli Menfezler
Kullanım Alanı	Cephe

21. yüzyıl ile birlikte dünya genelindeki metropol kentlerde olduğu gibi İstanbul’da da inşaat sektöründeki teknolojik gelişmeler doğrultusunda gökdelen yapıları şehir silüetlerinde kendilerine sıkça yer bulmaya başlamıştır. Kullanıcı talepleri doğrultusunda, kentin periferi (dış çeper) kısımlarında bulunan ve tercih edilen konut birimleri, otomobil kullanımının da artması sonucu yerini kent merkezinde bulunan yüksek katlı konut yapılarına ve karma kullanımlı yapılara bırakmıştır.

Metropol kent olarak tanımlayabileceğimiz İstanbul şehrinin iş yönetimi merkezi olarak bilinen Büyükdere Caddesinde konumlanan yapı; konut, alışveriş ve eğlence merkezi olarak tasarlanmıştır. Konumlandırıldığı bölgedeki yüksek yapılanma ölçeğine uygun olan yapı 261 metre yüksekliğinde olup ekolojik özellikleri ve estetik tasarımı sayesinde şehrin her yerinden görülebilen bir yapı olmuştur. 165.139 m² gibi büyük bir inşaat alanına sahip yapı 11.339 m² arsa üzerine kurulmuş olup 10 katı zemin altında olmak üzere toplam 61 katlı olup 30 metre antenle birlikte 2017 yılında inşa edilen Metropol İstanbul’a kadar Türkiye’nin en uzun yapısı özelliğini taşımaktaydı (Merdim, 2010).

Alışveriş merkezi, spor alanları, rekreasyon alanları, konut birimleri ve otopark işlevlerini bünyesinden barındıran yapının zemin altındaki ilk 4 katı alışveriş merkezi ve hipermarket işlevine ayrılmış kalan 6 kat ise otopark işlevi görmektedir. Yapıda bulunan ortak alanlar, otopark birimi ve alışveriş hacimleri çıkartıldığında geriye kalan konut katları, her biri 9 kattan oluşan 4 farklı zona ayrılmıştır. Yaşam kuşağı olarak da adlandırılan bu zonlar kendi içerisinde her 3 katta bir gök avlular oluşturacak biçimde tasarlanmıştır. Zonlar arasında kalan alanlar konut sahiplerinin kullanımına yönelik; havuz, golf sahası, restaurant-bar ve

seyir terası gibi ortak rekreasyon alanları ve mekanik birimleri bünyesinde bulundurmaktadır (Çakır, 2011).



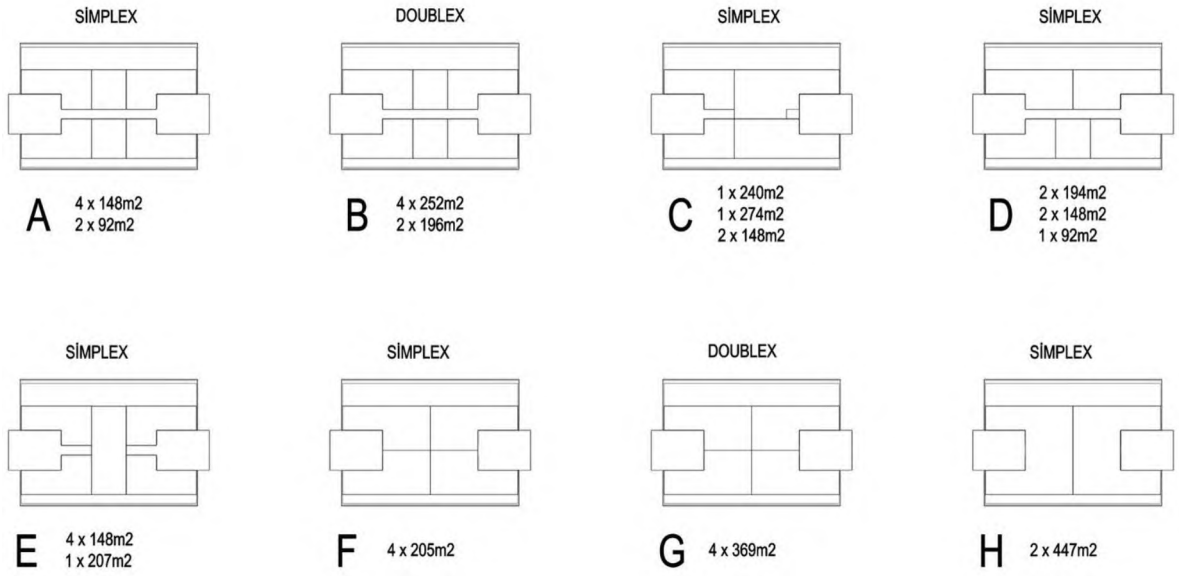
Şekil 5.29: Üç Katta Bir Düzenlenen Gök Avlular, İstanbul Sapphire (Tabanlıoğlu, 2011)

Dışardan gözlemlendiğinde uç noktaya doğru hafifçe incelen yapıda, binanın yüzeyini kaplayan cam örtü, dördüncü kattan başlayıp aşağı doğru hacim kazanarak, yumuşak bir kıvrımla birlikte yapının altında bulunan kafe, bar, restaurant ve alışveriş birimlerinin yer aldığı alanın üzerini saçak işlevi görerek örtmektedir. Doğal ışıktan maksimum seviyede faydalanılmak istenen bu alışveriş ve sosyal hacimlerin tek ve büyük bir mekan olarak algılanması istenmiştir (Merdim, 2010).

Yapıda 4 farklı zondan oluşan konut mekanları, birbirinden farklı büyüklükte olan 177 adet konut biriminden oluşmaktadır. Her üç katta bir tasarlanan gök avlu çözümlemesiyle yüksek katlarda dahi doğal havalandırma ve sağlıklı bir atmosfer elde edilmiştir. Kat yükseklikleri 4.00 metre olarak inşa edilen konut birimlerinin gün ışığından daha çok fayda sağlanması amaçlanmış ve ferah konut birimleri oluşturulmuştur. Tesisat açısından farklı büyüklükteki plan tiplerine rağmen ıslak hacimler üst üste getirilmiştir (Çakır, 2011).



Şekil 5.30: Cephe Görünüşü, İstanbul Sapphire (Germen, 2011)



Şekil 5.31: Plan Tipolojileri, İstanbul Sapphire (Archdaily, 2011)

5.9 Maslak No/1

Tablo 5.9 Maslak No/1

Yapı İsmi	Maslak No/1
Tasarımcı	Emre Arolat Architecture
Yapı Konumu/Yılı	Türkiye/2014
Toplam İnşaat Alanı	31.900 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Çift Tabakalı Cephe
Kullanım Alanı	Cephe

Mimar Emre Arolat tarafından tasarlanan, 2009'da yapımına başlanan ve 2014 yılında tamamlanan Maslak No/1; İstanbul kentinin yeni ticari aksı olarak nitelendirilen Mecidiyeköy-Maslak aksında, Büyükdere Caddesi üzerinde ofis yapısı olarak tasarlanmıştır. Adını bulunduğu cadde üzerinde sahip olduğu bina kapı numarasından alan ofis binası bünyesinde birden çok şirketin merkez ofislerini bulundurmaktadır.

Bulunduğu bölgedeki çevresel yoğunluk ve inşa edilecek arazinin darlığı gibi kriterler doğrultusunda şekillenen yapı formu müşteri talepleri doğrultusunda öne çıkma amacı güden prestijli bir yapı olarak tasarlanmıştır. Çevresinde bulunan diğer yapılardan farklı olmak adına dikey bahçe çözümleriyle klasik ofis algısını kırarak iç mekan kalitesini zenginleştirmek odaklı tasarlanan yapı bu amaç doğrultusunda 8.25 x 8.25 m ızgara plan üzerine yerleştirilmiş, serbest formlu cam kabuk sistemi ile çevrelenmiştir (EAA, 2014).

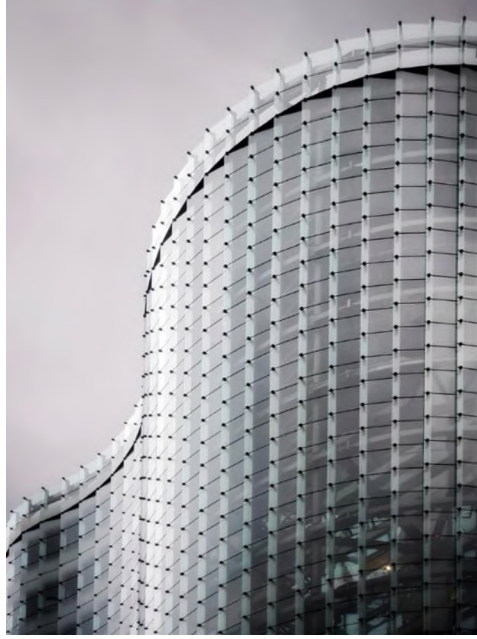
Proje alanının üçgensel formu ve imar yönetmeliklerindeki kısıtlamalar gibi sorunlarla başa çıkabilmek adına Emre Arolat yapıyı, dikdörtgensel ofis hacmi ve ofis kütlesini saran kıvrımlı cam kabuk olmak üzere ikiye bölerek tasarlamıştır. Tasarlanan kabuk yapısı ile yapı kütlesi olduğundan büyük gösterilmiş ve iç mekanda farklı bir atmosfer yakalanmıştır. Betonarme kullanılarak inşa edilen ofis hacminde kullanılan malzemeler inşaat maliyetini düşürme amacıyla seçilmiştir. Ofis bloğunu saran kıvrımlı kabuk ise çelik ve camdan oluşturulmuş ve bazı noktalarda ana kütle olan ofis bloğundan 17 metre kadar uzaklaşmıştır. İki cephe katmanı arasında oluşan ve tampon bölge olarak adlandırılan bu boşluk sayesinde yapıda 20 metre yükseliğinde dikey bahçeler elde edilmiş, akustik korunum ve enerji korunumu sağlanmıştır. Bu kazanımlar ile birlikte oluşan tampon

bölgelere yerleştirilen dikey bahçeler ile iç mekana hareketlilik kazandırılmış ve daha yeşil bir görünüm elde edilmiştir. Oluşturulan dikey bahçelere her dört katta bir tasarlanan platformlar aracılığıyla ulaşılmaktadır (Arkitektuel, 2019).



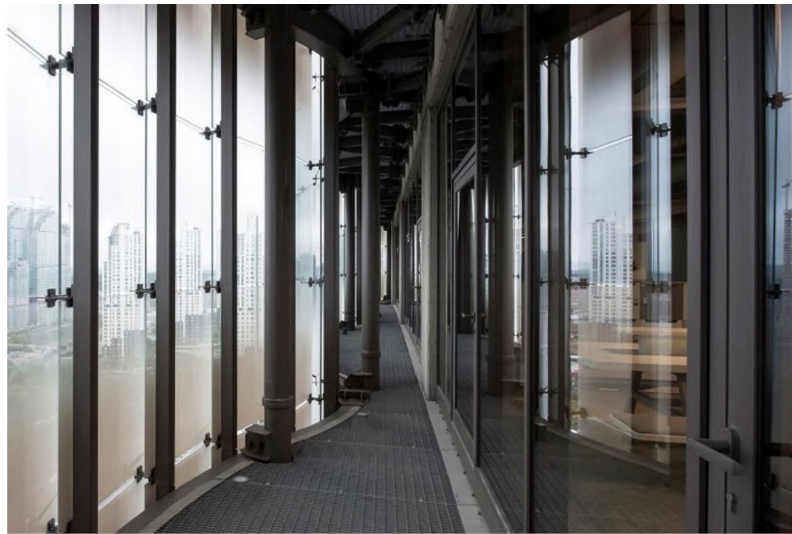
Şekil 5.33: Cadde Görünümü, Maslak No/1 (Mayer, 2019)

Yapıda kullanılan 1.600 ton çelik toplam 26.000 parçadan oluşmaktadır. Bina yöneticileri tarafından, yapının güven veren iç mekan tasarımının ve canlı bir bina izlenimi yaratan rekreasyon alanlarının, yapıda kullanılan betonarme ve çelik malzeme ilişkisine bağlı olduğu dile getirilmektedir. 26 kattan oluşan yapının 20 katı ofis olacak şekilde düzenlenirken 5 katı da otopark olarak işlevlendirilmiş olup son dönemde artan kullanıcı talepleri doğrultusunda ofis birimlerinin kat yüksekliği 4.00 metre olacak şekilde tasarlanmıştır (Çelik Yapılar, 2016).



Şekil 5.34: Balık Pulu Düzeninde Yerleştirilen Cephe Elemanları, Maslak No/1 (Maslak No/1, 2014)

Ofis yapısında, 1.5 x 2 m’lik cam panellerin balık pulu düzeninde bir araya gelmesiyle oluşturulan, çelik ve camdan oluşan cephe sistemi yapının en dikkat çeken mimari özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Cadde görünümünde özgün bir görsel etki oluşturan cephe kabuğunu oluşturan cam paneller, üzerlerinde bulundurduğu güneş ışığından koruyucu film katmanını sayesinde iç mekana giren güneş ışığını kontrol ederken boşluklu düzeni sayesinde iç mekanda doğal hava akışını sağlıyor. Farklı geçirgenlik seviyelerine sahip panel seçenekleri sayesinde güney cephede daha opak paneller tercih edilirken yapının kuzey cephesinde daha geçirken kimliğe sahip paneller seçilmiştir (Arkitektuel, 2019).



Şekil 5.35: İki Tabaka Arasında Oluşan Tampon Bölge, Maslak No/1 (Maslak No/1, 2014)

Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (United States Green Building Council-USGBC) tarafından geliştirilen ve yeşil binaları derecelendirme sistemi olarak bilinen LEED sertifikası kapsamında Altın sertifikaya sahip olan Maslak No/1 ofis yapısı, inşa edildiği çevrede bulunan yapılarla kıyaslandığında sahip olduğu sürdürülebilir mimari özelliklerle ön plana çıkmaktadır. Cephe elemanları aracılığıyla sahip olduğu ve ısı geri dönüşümü yapabilen doğal havalandırma sistemi ve VRV sistemi sayesinde Maslak No/1 yapısı benzer bir yapıya kıyasla %40 daha fazla enerji korunumu sağlamaktadır (Arkitektuel, 2019).

Maslak No/1'in dikkat çeken sürdürülebilir ve çevre dostu bazı özellikleri şu şekilde özetlenebilir; (Çelik Yapılar, 2016)

- Çift tabakalı cephe sistemi ile enerji tasarrufu, doğal havalandırma ve akustik konforun bir arada sağlanması
- Özel performans camları aracılığıyla doğal ışıktan maksimum verim elde edilmesi
- Üç borulu VRV sistemi ile yüksek verimlilikte ısıtma/ soğutma ve kat bazında kontrol imkanı
- Isı geri kazanımlı taze hava üniteleri ile temiz hava miktarının artırılması
- İhtiyaç duyduğu elektrik enerjisini kendi kendine üreten rejeneratif asansörler
- Kat ölçeğinde ve tüketim miktarına göre ayrılmış enerji takip sistemi

5.10 Türkiye Müteahhitler Birliği Binası

Tablo 5.10: Türkiye Müteahhitler Birliği Binası

Yapı İsmi	Türkiye Müteahhitler Birliği Binası
Tasarımcı	Avcı Architects
Yapı Konumu/Yılı	Türkiye/2013
Toplam İnşaat Alanı	7.138 m ²
Akıllı Malzeme(ler)	Termal Labirent Sistemi, Child Beam (Soğuk Kirişler), PV Panel, Çift Tabakalı Cephe
Kullanım Alanı	Cephe, Çatı

Türkiye Mühendisler Birliği (TMB) tarafından düzenlenen davetli proje yarışmasında birincilik ödülünü alan proje, Avcı Architects tarafından 1.295 m² arsa alanında toplam 7.138 m² inşaat alanı olacak şekilde tasarlanmış ve Ankara/Çankaya’da Doğukent Bulvarı üzerinde 2013 yılında tamamlanmıştır.

2010-2012 yılları arasında tasarlanan ve yapımına 2012 yılında başlanıp 2013 yılında tamamlanan yapı, İngiltere’nin mimarlık alanında en prestijli ödüllerinden biri olan Building Awards 2014’te ‘‘Yılın En İyi Uluslararası Projesi’’ ödülüne layık görülen yapı, ‘‘üstün entegre tasarım anlayışı’’ ve ‘‘mimarlık ve inşaat sektörlerinde eşik yükselten yaklaşım’’ kriterleriyle ödülü almaya hak kazanmıştır. Daha sonra yapı, 2014 yılında LEED BD+C: New Construction kategorisinde, LEED Platinum Sertifikası da almıştır (Arkitektuel, 2017).



Şekil 5.36: Dış Cephe Görünümü, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013)

Avcı Architects tarafından tasarlanan yapı, uygulamada yerel malzemelerin tercih edilmesi ve yapıya özel tasarlanarak entegre edilen sistemlerle, mimarlık ve yapım sektörünün, geniş perspektifli ve multi-disipliner bir mimari anlayışa evrilmesi gerektiğine dair teşvik edici bir örnek olarak kabul edilmektedir. TMB Merkez Binası, tasarım ve üretim sürecinde gerekli etüt ve AR-GE çalışmalarının yapılması sonucu, yapım ve malzeme sektörünün gelişimine katkıda bulunurken yerel malzeme kullanımını da teşvik eden ‘‘entegre tasarım’’ anlayışının bir ürünü olarak dikkat çekmektedir (Avcı Architects, 2016).

Sürdürülebilirlik ilkeleri odaklı, uluslararası ölçekte Türk yapı sektörüne katkı sağlamak ve yapı sektörünün geleceğine dikkat çekmek üzere tasarlanan TMB Merkez Binası; pasif iklimlendirme için tasarlanan Türkiye'nin ilk modern yeraltı labirenti, cephede bulunan ve titizlikle tasarlanan gölgeleme elemanları, çatısına yerleştirilen fotovoltaik paneller gibi etkili ve bütüncül sürdürülebilir tasarım sistemlerini bünyesinde barındırmaktadır. Yapı, uluslararası arenada sürdürülebilir mimari alanında kendini gösteren mimari bir temsiliyetin örneğidir (Avcı Architects, 2013).



Şekil 5.37: Dış Cephe Görünümü, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013)

Avcı Architects tarafından sürdürülebilir mimari odaklı tasarlanan yapıyı diğer yapılara kıyasla farklı kılan en önemli kriterlerden biri pasif ısıtma ve soğutma teknikleri açısından Türkiye’de ilk kez bu projede uygulanan Termal Labirent Sistemi ve Chilled Beam(Soğuk Kirişler) uygulamasıdır. Bu teknikleri şöyle özetleyebiliriz; (Arkitektuel, 2017)

- Termal Labirent Sistemi, yaz aylarında gece ısınısını depolayarak gündüz vakti oluşan sıcak havayı pasif soğutmaya yardımcı olan bir batarya işlevi görmektedir. Kışın oluşan soğuk havalarda ise yer altında bulunan toprağın sahip olduğu öz ısıdan faydalanarak pasif ısıtmaya yardımcı olma işlevine sahiptir.
- Child Beam(Soğuk Kiriş) Sistemi, Termal Labirent Sistemi ile entegre şekilde çalışarak, labirentten gelen ve döşemeler içindeki borulara aktarılan havanın ortam koşullarına göre kontrol edilerek ısıtma-soğutma işlevlerine yardımcı olmaktadır.

Ankara şehrinin sahip olduğu iklim koşulları göz önünde bulundurulduğunda gece ve gündüz vakitleri arasında oluşan ısı farkından yararlanmak için uygulanan Termal Labirent

Sistemi ve Child Beam Sistemi ile yapay havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine daha az yük binmekte, fazla enerji tüketimi ve ekipman maliyetlerinin önüne geçilmektedir.

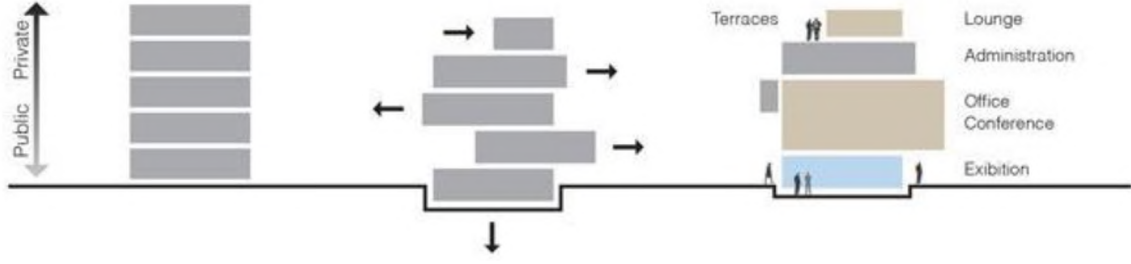


Şekil 5.38: Termal Labirent Sistemi Koridoru, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013)



Şekil 5.39: Child Beam Sistemi İç Mekan Görünümü, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013)

Tasarım sürecinin odak noktalarından biri olan bütünsellik kavramı doğrultusunda tasarlanan yapıda her bir kat bir diğerine açık alan ve saçaklar oluşturacak şekilde katlar dikey düzlemde bağımsız kaymalar yapmıştır. Kütleyi kaplayan cephe kabuğu ise çift tabakalı cephe sisteminden oluşmaktadır. Yapıyı saran ilk katman cam panel sistemlerden oluşmaktadır. İkinci ve dış katman ise gölgelendirme ve güneş ışığı kontrol imkanı sunan paslanmaz çelik mesh (ağ) malzemeden oluşmaktadır (Eko Yapı, 2015).



Şekil 5.40: Kütle Diyagramı, TMB Merkez Binası (Avcı Architects, 2013)

Güneş ışınlarının yönelimine ve miktarına göre tasarlanan bu mesh malzeme yapı kullanıcılarının dış ortam ile ilişkisini engellemeyecek şekilde yapıya entegre edilmiştir. Kabuk tasarımının temel odak noktası cam paneller ile mesh malzeme yoğunluğunun orantısını optimize etmek olmuştur. Bu odak noktası doğrultusunda direkt güneş ışınlarının ve ısı kazanımının en zayıf olduğu kuzeydoğu cephesinde toplam yüzeyin %60'ı cam olarak tasarlanırken doğal ısı ve ışık kazanımından maksimum seviyede faydalanabilmek adına mesh malzeme cephe yüzeyinin %20'sini kaplayacak şekilde oluşturulmuştur. Güneybatı cephesinde ise istenmeyen ısı kazanımının önüne geçmek adına cam kullanım oranı %30 olarak sınırlandırılırken mesh malzeme oranı cephenin %40'ını açık bırakacak şekilde entegre edilmiştir. Uygulanan bu oranlar sayesinde iç mekanlar yeterli gün ışığı alırken istenmeyen gün ışığının önüne geçilmiştir. Cephede kullanılan ve paslanmaz çelikten oluşan mesh (ağ) sistemi sayesinde güneşe açık yüzeylerde istenmeyen ısı kazançları önlenmekte ve alınan doğal ışık optimize edilebilmektedir (Eko Yapı, 2015).



Şekil 5.41: Paslanmaz Çelikten Oluşan Mesh Malzemeli Cephe Tasarımı, TMB Merkez Binası (Özkazanç, 2013)

TMB Merkez Binası, bünyesinde bulundurduğu sürdürülebilir entegre tasarım anlayışlarıyla çevresel odaklı tasarım yaklaşımlarına önemli ölçüde vurgu yapmaktadır. Projenin tasarım sürecinden yapım sürecinin tamamlanmasına kadar sürdürülebilir danışmanlık sağlayan Londra merkezli Atelier Ten'in yanı sıra, ulusal ve uluslararası ölçekte ve farklı disiplinlerden birçok çevre mühendisleri projeye dahil edilmiştir. LEED Platinum sertifikasına sahip yapı çevresel tasarımın önemli temsilcilerinden biri kabul edilerek, yerel tasarımcılar ve işveren arasındaki iletişimi sadece Ankara ölçeğinde değil tüm Türkiye genelinde en yüksek seviyede sağladığını göstermiştir (Avcı Architects, 2013).

Şekil 5.42: Sürdürülebilirlik Stratejileri ve Eko Diyagram, TMB Merkez Binası (Avcı Architects, 2013)

1. Dış ortamda bulunan sıcak hava bacalar ile labirente aktarılıyor.
2. Labirent içerisinde ilerleyen sıcak hava ısı kaybederek soğuyor.
3. Klima santrallerine ulaştığında sıcaklığını yitirmiş olan hava ihtiyaç doğrultusunda daha da soğutulabiliyor.
4. Betonarme döşemeler içine gömülü kanallardan geçen hava beton kütleyle de soğutarak soğuk kirişlere ulaşıyor.
5. Soğuk kiriş iç mekan ortam koşullarına göre havayı daha da soğutarak iç ortama aktarıyor.
6. İç mekanda bulunan makineler ve kullanıcı etkisiyle ısınan hava, havalandırma kanallarında toplanarak ısı geri kazanım ünitelerine taşınıyor.

7. Yapının merkezinde yer alan atrium sayesinde baca etkisiyle ısınan tüm hava en üst kotta toplanarak yine kanallar aracılığıyla ısı geri kazanım santrallerine taşınıyor.
8. Binanın dış kabuğunu oluşturan mesh ve gölgeleme elemanları sayesinde ısı ve gün ışığı kazanımı cephelere göre optimize ediliyor.
9. Çatıda ayrıca sıcak su boruları ve yapının enerji ihtiyacının %5'ini karşılayan fotovoltaik paneller yer alıyor.

6. DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan, bünyesinde akıllı cephe sistemleri ve akıllı malzemeler bulunduran yapılar beşinci bölümde incelenmiştir. Toplamda incelenen 10 yapının sahip olduğu özellikler belirli başlıklar altında bu bölümde değerlendirilecektir.

Coğrafi Konum Açısından Değerlendirme

Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den seçilen ve sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan 10 yapı bulunduğu coğrafi konum açısından Tablo 6.1'de değerlendirilmiştir.

Tablo 6.1: Coğrafi Konum Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		Coğrafi Konum						
		Asya	Avrupa	K. Amerika	G. Amerika	Afrika	Avustralya	Antarktika
1	Tao Zhu Yin Yuan	✓						
2	Shangai Tower	✓						
3	Souchais Spor Kompleksi		✓					
4	Ara Pacis Müzesi		✓					
5	Al Bahar Towers	✓						
6	Council House 2						✓	
7	Bay View Campus			✓				
8	İstanbul Sapphire		✓					
9	Maslak No/1		✓					
10	TMB Binası	✓						

İşlev Açısından Değerlendirme

Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den seçilen ve sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan 10 yapı tasarlanış amacı ve yapıya kazandırılan işlev açısından Tablo 6.2'de değerlendirilmiştir.

Tablo 6.2: İşlev Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		İşlev						
		Konut	Ofis	Resmi	Müze	Spor	Ticari	Dini
1	Tao Zhu Yin Yuan	✓						
2	Shangai Tower	✓						
3	Souchais Spor Kompleksi					✓		
4	Ara Pacis Müzesi				✓			
5	Al Bahar Towers		✓					
6	Council House 2			✓				
7	Bay View Campus		✓					
8	İstanbul Sapphire	✓						
9	Maslak No/1		✓					
10	TMB Binası						✓	

Cephe Tipleri Açısından Değerlendirme

Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den seçilen ve sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan 10 yapı cephe sistemleri açısından Tablo 6.3'te değerlendirilmiştir.

Tablo 6.3: Cephe Tipleri Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		Cephe Tipi					
		Tek Tabakalı		Çift Tabakalı			
		Basit	Giydirm	Çok Katlı	Koridor Tipi	Kutu Tipi	Şaft Tipi
1	Tao Zhu Yin Yuan	✓	✓	✓			
2	Shangai Tower			✓			
3	Souchais Spor Kompleksi		✓				
4	Ara Pacis Müzesi		✓				
5	Al Bahar Towers		✓	✓			
6	Council House 2	✓	✓	✓			
7	Bay View Campus		✓				
8	İstanbul Sapphire			✓	✓		
9	Maslak No/1			✓	✓		
10	TMB Binası				✓		

Cephe Paneli Türü Açısından Değerlendirme

Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den seçilen ve sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan 10 yapı sahip olduğu cephe sistemlerinde bulunan cephe panel türleri açısından Tablo 6.4'te değerlendirilmiştir.

Tablo 6.4: Cephe Paneli Türü Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		Cephe Panel Türü		
		Saydam	Yarı Saydam	Opak
1	Tao Zhu Yin Yuan	✓		
2	Shangai Tower	✓		
3	Souchais Spor Kompleksi		✓	✓
4	Ara Pacis Müzesi	✓		✓
5	Al Bahar Towers	✓	✓	
6	Council House 2		✓	✓
7	Bay View Campus	✓		
8	İstanbul Sapphire	✓		
9	Maslak No/1	✓	✓	
10	TMB Binası		✓	

Enerji Etkinlik Açısından Değerlendirme

Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den seçilen ve sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan 10 yapı bünyesinde barındırdığı sürdürülebilir yapı ve enerji etkin yapı tasarım kriterleri açısından Tablo 6.5'te değerlendirilmiştir.

Tablo 6.5: Enerji Etkinlik Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		Enerji Etkin Özellik						
		Doğal Havalandırma	Doğal Aydınlatma	Isı Yalıtımı	Ses Yalıtımı	Güneşten Korunma	Rüzgardan Korunma	Basınç Farkı Kullanımı
1	Tao Zhu Yin Yuan	✓	✓		✓		✓	
2	Shangai Tower	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Souchais Spor Kompleksi		✓			✓	✓	
4	Ara Pacis Müzesi		✓	✓	✓	✓	✓	

Tablo 6.5 (Devam): Enerji Etkinlik Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		Enerji Etkin Özellik						
		Doğal Havalandırma	Doğal Aydınlatma	Isı Yalıtımı	Ses Yalıtımı	Güneşten Korunma	Rüzgardan Korunma	Basınç Farkı Kullanımı
5	Al Bahar Towers		✓	✓	✓	✓	✓	
6	Council House 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
7	Bay View Campus	✓	✓	✓		✓		
8	İstanbul Sapphire	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Maslak No/1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
10	TMB Binası	✓	✓	✓		✓		✓

Akıllı Sistem Özellikleri Açısından Değerlendirme

Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den seçilen ve sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan 10 yapı sürdürülebilir yapı ve akıllı bina sistemleri açısından Tablo 6.6'da değerlendirilmiştir.

Tablo 6.6: Akıllı Sistem Özellikleri Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		Akıllı Sistem Özellikleri							
		Fotovoltaik Panel	Rüzgar Türbini	Atık Su / Gri Su	Güneş Kontrol Elemanları	Termal Labirent / Child Beam Sistemi	Kendini / Havayı Temizleme	CO ₂ Emilimi	Hareketli/Sabit Menfez
1	Tao Zhu Yin Yuan	✓	✓	✓				✓	
2	Shangai Tower		✓	✓					
3	Souchais Spor Kompleksi				✓				
4	Ara Pacis Müzesi				✓		✓	✓	
5	Al Bahar Towers				✓			✓	
6	Council House 2	✓	✓	✓	✓			✓	
7	Bay View Campus	✓	✓	✓					
8	İstanbul Sapphire				✓				✓
9	Maslak No/1				✓				✓
10	TMB Binası	✓				✓		✓	

Enerji Kullanımı Açısından Değerlendirme

Çalışma kapsamında Dünya'dan ve Türkiye'den seçilen ve sürdürülebilir mimarlık anlayışıyla tasarlanan 10 yapı enerji etkin yapı tasarımı hedefi doğrultusunda faydalandığı doğal enerji türleri açısından Tablo 6.7'de değerlendirilmiştir.

Tablo 6.7: Enerji Kullanımı Açısından Değerlendirme

YAPININ ADI		Enerji Türü			
		Güneş Enerjisi	Rüzgar Enerjisi	Jeotermal Enerji	Yağmur Suyu
1	Tao Zhu Yin Yuan	✓	✓		✓
2	Shangai Tower		✓		✓
3	Souchais Spor Kompleksi	✓			
4	Ara Pacis Müzesi				✓
5	Al Bahar Towers	✓			
6	Council House 2	✓	✓		✓
7	Bay View Campus	✓	✓	✓	✓
8	İstanbul Sapphire	✓			
9	Maslak No/1	✓			
10	TMB Binası	✓		✓	

7. SONUÇ

Geçmiş dönemlerde yaşanan Endüstri Devrimi ve dünya savaşları sonrası izlenen üretim ve tüketim politikaları sonucu meydana gelen enerji-ekonomi krizleri ve son dönemde artış gösteren insan nüfusu, kalabalık kentler, doğal çevre tahribatı, enerji maliyetlerindeki yükseliş ve doğal kaynakların tükenme tehlikesi gibi birçok kriter mimarlık pratiğini ve tasarım kriterlerini sürdürülebilir çözümler üretmeye itmiştir.

Geleneksel yapım anlayışı olarak bildiğimiz ortam ve iklim şartlarıyla mücadele etmeye odaklı yapı tasarımı yerini, bulunduğu doğal çevreyle uyumlu, çevresel uyaranlara ve iklim koşullarına yanıt verebilen, bu uyaranları lehine kullanabilen, bilinçli kaynak ve malzeme kullanımına özen gösteren, tasarım aşamasından başlayarak yapı yaşam döngüsünün tamamını planlayan sürdürülebilir mimari anlayışa bırakmıştır.

Yirminci yüzyılın son çeyreğinde gündelik hayatımıza dahil olan sürdürülebilir mimari ve sürdürülebilir yapım anlayışıyla birlikte yapılarda, kullanıcıların optimum konfor

koşullarından taviz vermeden, yapıların ihtiyaç duyduğu enerjiyi temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak karşılayan tasarımlar ön plana çıkmıştır. Bu sayede yapım sektöründe tükenbilir kaynak kullanımı azalırken gelişen teknolojiyle birlikte yapılara entegre edilen akıllı sistemler ve yapılarda kullanılan akıllı malzemeler ile gerek duyulan enerjiyi kendi bünyesinde üretebilen yapılar tasarlayabilme imkanı doğmuştur.

Bu çalışmada, sürdürülebilir mimarlık ve akıllı bina sistemleri kavramlarının hayatımıza dahil olması sonucu dünya genelinde enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturan yapılarda, cephe sistemleri, sürdürülebilir yapım kriterleri bağlamında incelenmiştir.

Çalışmanın odak noktası, yapılarda en büyük yüzey alanına sahip, enerji kayıp/kazancını en çok etkileyen yapı elemanı olarak karşımıza çıkan yapı kabuğu ve cephe tasarımında; stabil, çevresel uyaranlara cevap veremeyen, yenilenemez ve çevreye zararlı fosil kaynaklardan oluşan geleneksel cephe sistemleri yerine, yenilenebilir ve daha az enerji tüketen, enerji kaynaklarından maksimum fayda sağlayabilen, çevresel değişimlere tepki verebilen akıllı ve sürdürülebilir yapı cephe tasarımlarının tercih edilmesi gerekliliğidir.

Sürdürülebilirlik ve akıllı bina ölçeğinde uygulanan cephe sistemleri ile stabil ve dış etkenlerden korumaya yönelik geleneksel tasarım yöntemlerinin aksine cephe uygulamaları, dış etmenlere ve/veya kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik değişim gösterebilen hareketli ve esnek yapı elemanı özelliği kazanmıştır. Bu özelliğin kazanılmasında önemli etkenlerden biri olan akıllı malzemeler, teknolojik gelişmeler doğrultusunda günden güne önem kazanan malzeme biliminin bir ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma kapsamında akıllı malzemeler; sürdürülebilir yapı tasarımı, enerji etkin yapı tasarımı ve akıllı yapı tasarımında üstlendiği rol açısından kavramın tanımı ve malzeme sınıflandırması açısından incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında seçilen yapı örnekleri, Türkiye’den ve dünyadan olmak üzere farklı iklimlerde, farklı kültürlerde, farklı ekonomik koşullara sahip ülkelerde uygulanan farklı işlevlere sahip yapılardan oluşmaktadır. Çalışma, bölümler içerisinde de sıkça belirtilen, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme haklarını tehlikeye atmadan günümüz ihtiyaçlarını karşılayabilme odaklı sürdürülebilir mimarlık anlayışının ve teknolojik gelişmeler ışığında değişen kullanıcı taleplerini karşılamayı kolaylaştıran akıllı bina sistemlerinin, insan neslinin doğayla olan mücadelesinde dengeyi koruyarak neslini devam ettirebilmesi açısından ne kadar önemli olduğu vurgulanmıştır.

Çalışma kapsamında Türkiye’den ve dünyadan seçilen sürdürülebilir mimari özelliklere sahip yapıların incelenmesi ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Sürdürülebilir mimari tasarımlar, sürdürülebilir yapı cepheleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı malzemeler konut (%30) ve ofis (%30) yapılarında daha çok uygulanmaktadır. (%10 Resmi, %10 Müze, %10 Spor, %10 Ticari)
- Sürdürülebilir yapı tasarım uygulamaları diğer kıtaların aksine Asya (%40) ve Avrupa (%40) kıtasında daha çok görülmektedir. Bu oranlar, eğitim seviyesi ve gelişmişlik düzeyi yüksek ülkelerde sürdürülebilir mimari uygulamaların daha sık tercih edildiği sonucuna ulaşmamızı sağlamaktadır. (%10 K.Amerika, %10 Avustralya)
- İncelenen yapılar doğrultusunda tek tabakalı giydirme cephe sistemlerinin ve çift tabakalı çok katlı cephe sistemlerinin sürdürülebilir ve enerji etkin yapı tasarımı açısından daha verimli olduğu ve daha sık tercih edildiği sonucuna ulaşılmıştır.
- İncelenen yapılarda, cephe panel türleri açısından saydam, yarı saydam ve opak cephe sistemlerinin kimi zaman tek başına kimi zaman birlikte uygulandığı tespit edilmiştir. Bu uygulama çeşitliliğine sebep olan durum ise yapıların farklı iklimsel koşullara, kültürel yapılara, ekonomik koşullara sahip ülkelerde farklı işlevler kazandırılarak tasarlanmasından kaynaklanmaktadır.
- İncelenen yapıların %70’inde doğal havalandırmadan, %100’ünde doğal aydınlatmadan faydalanılırken, %80’inde ısı yalıtımı, %70’inde ses yalıtımı sağlanmıştır. Yapıların %90’ında güneşin istenmeyen etkilerinden korunum sağlanırken, %80’inde rüzgardan korunma sağlanmıştır. Bunun yanı sıra yapıların sadece %20’sinde basınç farkından faydalanılmıştır.
- Sürdürülebilirliğin temel odak noktası olan tükenebilir enerji kullanımı yerine yenilenebilir ve temiz enerjiden faydalanma amacı doğrultusunda incelenen yapıların %80’i güneş enerjisinden faydalanırken, %40’ı rüzgar enerjisinden, %20’si jeotermal enerjiden ve %50’si yağmur suyundan faydalanmaktadır. Birden fazla enerji türünden aynı anda faydalanan yapı örnekleri olmasına karşın yukarıda bahsedilen 4 enerji türünün tamamından faydalanan sadece tek bir örnek vardır.
- Sürdürülebilir yapı ve akıllı bina sistemlerini bünyesinde barındıran yapılar, akıllı malzeme uygulamaları açısından incelendiğinde yapıların; %40’ı fotovoltaik panellerden, %40’ı rüzgar türbinlerinden, %40’ı atık su uygulamalarından, %60’ı

güneş kontrol elemanlarından, %10'u termal labirent/soğuk giriş uygulamasından, %10'u kendini/havayı temizleyen malzemelerden, %20'si ise hareketli/sabit menfez sistemlerinden faydalanmıştır.

Özellikle dünya genelinde artan insan nüfusuna karşılık gereksinim duyulan enerji ihtiyacının tükenebilir kaynaklar ile karşılanamayacak seviyeye gelmesi sonucu temiz enerjiye olan talep artmıştır. İncelenen yapılar ve yapılan araştırmalar sonucunda sürdürülebilir uygulamalar için kullanılan temiz enerji kaynaklarından güneş enerjisinin en verimli ve en avantajlı kaynak olduğu tespit edilmiştir. Güneş enerjisi ile hem doğal aydınlatma hem de ısı kazanımı konusunda temiz enerji elde edilirken, uygulanan cephe sistemleri ve kullanılan akıllı malzemeler ile yapıların gereksinim duyduğu enerji hem depolanıp hem de farklı enerji türlerine dönüştürülebilmektedir.

İstenilen boyutta ve formda üretilerek yapılarda çatı ve cephelere entegre edilebilen fotovoltaik paneller ile güneş enerjisinden maksimum kazanç elde edilmektedir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak yapım sektöründe sürdürülebilir mimarlık uygulamalarının, akıllı bina sistemlerinin, sürdürülebilir özelliğe sahip yapı cephelerinin ve akıllı malzeme kullanımının artması beklenmektedir. Yapılan araştırmalar ve değerlendirmeler sonucunda; kişilerin, kurumların veya ülkelerin tekelinde bulunmayan, temiz enerji imkanı sunan ve alternatif enerji kaynağı olarak tanımlayabileceğimiz güneş enerjisinin ilerleyen süreçte yapı tasarımlarında daha çok tercih edileceği, kendi enerjisini sahip olduğu cephe sistemleri ve akıllı malzemeler ile kendi bünyesinde üretebilen yapıların daha sık uygulanacağı düşünülmektedir.

8. KAYNAKLAR

- Abdurrahmanoğlu, A. (2014). *Kent mobilyaları tasarımında sürdürülebilirlik açısından enerji kaynakları*. İstanbul.
- Addington, M., & Schodek, D. (2005). *Smart Materials and Technologies for the Architecture and Design Professions*. New York: Elsevier Press.
- Aedas. (2012). *Al Bahr Towers*. Arch20: <https://www.arch2o.com/al-bahr-towers-aedas/> Erişim tarihi: 18.03.2023
- Akbülbül, A. R. (2021, Ekim 25). *Döner Kule: Tao Zhu Yin Yuan*. gzt: <https://www.gzt.com/arkitekt/doner-kule-tao-zhu-yin-yuan-3597472> Erişim tarihi: 10.03.2023
- Akgün, S. (2020). *İç Mekan ve Mobilya Tasarımı Kapsamında Akıllı Malzemelerin İncelenmesi*. Trabzon: KTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Akyıldız, Z. (2020, Haziran 08). *Maslow'un İhtiyaçlar Hiyerarşisi*. Öğrenci Kariyeri: <https://ogrencikariyeri.com/haber/maslow-un-ihhtiyaclar-hiyerarşisi> Erişim tarihi: 07.10.2022
- Altın, M. (2004). *Fotovoltaik Malzeme ile Elektrik Üreten Cepheler ve Çatılar*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Altın, M. (2014). Sürdürülebilir Mimarlıkta Binalara Entegre Edilen Fotovoltaik (FV) Panel Kullanımı. *Yeşil Bina, Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi*, 58-60.
- Altın, M., & Orhon, A. V. (2014). Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Anıl, E. (2015, Eylül 18). *Akıllı Binalar (Smart Buildings) Nedir?* İç Mimarlık Dergisi: <https://www.icmimarlikdergisi.com/2015/09/18/akilli-binalar-smart-buildings-nedir/> Erişim tarihi: 10.01.2023
- Archdaily. (2010, Ağustos 24). *Greenway Self-Park*. Archdaily: <https://www.archdaily.com/74468/greenway-self-park-hok> Erişim tarihi: 21.03.2023
- Archdaily. (2011, Haziran 10). *İstanbul Sapphire / Tabanlıoğlu Architects*. Archdaily: <https://www.archdaily.com/141615/istanbul-sapphire-tabanlıoğlu-architects> Erişim tarihi: 24.03.2023
- Archdaily. (2013, Haziran 30). *CH2 Melbourne City Council House 2 / DesignInc*. Archdaily: https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc?ad_source=search&ad_medium=projects_tab Erişim tarihi: 22.03.2023
- Archdaily. (2017, Haziran 28). *La Seine Musicale / Shigeru Ban Architects*. Archdaily: <https://www.archdaily.com/874535/la-seine-musicale-shigeru-ban-architects> Erişim tarihi: 16.02.2023
- Archdaily. (2021, Şubat 3). *Tao Zhu Yin Yuan Apartment Building / Vincent Callebaut Architectures*. Archdaily: <https://www.archdaily.com/955926/tao-zhu-yin-yuan->

vincent-callebaut-architectures?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

Erişim tarihi: 26.02.2023

ArchEyes. (2022, Mart 30). *Google Bay View Campus in California / BIG + Heatherwick Studio*. ArchEyes: <https://archeyes.com/google-campus-in-mountain-view-california-big-heatherwick-studio/> Erişim tarihi: 24.03.2023

Architizer. (tarih yok). *Greenway Self-Park*. Architizer: <https://architizer.com/projects/greenway-self-park/> Erişim tarihi: 21.03.2023

Arkitektuel. (2017, Temmuz 25). *Türkiye Muteahhitler Birliği Genel Merkez Binası*. Arkitektuel: <https://www.arkitektuel.com/turkiye-muteahhitler-birligi-genel-merkez-binasi/> Erişim tarihi: 25.03.2023

Arkitektuel. (2019, Ocak 6). *Maslak No.1*. Arkitektuel: <https://www.arkitektuel.com/maslak-no-1/> Erişim tarihi: 23.03.2023

Asımgil, B. (2016). Kaynakların Korunumunda Sürdürülebilir Teknolojik Yaklaşımlar ve Mimari Forma Etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28-39.

Atasoy, A. (2009). *Akıllı Bina Teknolojisinin Yapısal Özellikler Açısından İncelenmesi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.

Ateş Can, S., & Kurtoglu, D. (2017). Sürdürülebilir Mimari Kapsamında Geliştirilen Teknoloji ve Ürünler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, 22-31.

Ateş Can, S., & Özipek, B. (2019). Sürdürülebilirlik Kavramı ve Mimari Tasarımda Biçimlenişi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 41-55.

Avcı Architects. (2013). *Türkiye Muteahhitler Birliği Merkez Binası*. Avcı Architects: <https://avciarchitects.com/tr/proje/tmb-merkez-binasi/> Erişim tarihi: 25.03.2023

Avcı Architects. (2016, Şubat 2). *360 Derece Sürdürülebilirlik: Binalarda Malzeme Seçimleri*. Avcı Architects: <https://avciarchitects.com/tr/360-derece-surdurulebilirlik-binalarda-malzeme-secimleri/> Erişim tarihi: 25.03.2023

Ayvaz, Ö. Y. (2019). *Akıllı Malzemelerin Mimaride Kullanım Olanakları*. Trabzon: KTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.

Baan, I. (2022, Mayıs 18). *Google's Bay View Campus Designed by BIG and Heatherwick Studio Opens in Silicon Valley, California*. Archdaily: https://www.archdaily.com/982121/googles-bay-view-campus-designed-by-big-and-heatherwick-studio-opens-in-silicon-valley-california?ad_campaign=normal-tag Erişim tarihi: 24.03.2023

Barthlott, W., & Ehler, N. (1977). *Raster-Elektronenmikroskopie der Epidermis-Oberflächen von Spermatophyten*. Mainz: Tropische und subtropische Pflanzenwelt.

Basiago, A. (1999). Economic, social, and environmental sustainability in development theory and urban planning practice. *The Environmentalist*, 145-161.

- Başaran, Ö. (2015). *Kinetik Gölgeleme Elemanları Entegre Edilmiş Bir Binanın Enerji Etkinliğinin Arttırılması*. Ankara: Gazi Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Bauen, R., Baker, B., & Johnson, K. (1996). Sustainable Community Checklist.
- Baweja, V. (2014). Sustainability and the Architectural History Survey. *Enquiry The ARCC Journal for Architectural Research*, 40-51.
- Begeç, H., & Savaşır, K. (2004). Akıllı Giydirmce Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi. 5. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*, (s. 1-10). İstanbul.
- Bektaş, A. (2002). Entegre Güvenlik Sistemleri. *Best Dergisi*, 09.
- Bellini, E. (2021, Ağustos 17). *New PV facade design in Sweden*. PV Magazine: <https://www.pv-magazine.com/2021/08/17/new-pv-facade-design-in-sweden/> Erişim tarihi: 19.02.2023
- Berköz, E., Küçükdoğu, M., Kocaaslan, G., & vd. (1995). *Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı*. İstanbul: TÜBİTAK, İNTAG-201, Araştırma Projesi.
- Bilge, C. (2007). *Sürdürülebilir Çevre ve Mimari Tasarım: Mimariye Eleştirel Bir Bakış*. İstanbul.
- Bilgiç, S. (2002). Akıllı Cephe Sistemleri. *Ege Mimarlık*, (44) 21-25.
- Blackstation. (2015, Kasım 14). *Up the 632m Shanghai Tower by Gensler, second tallest in the world*. The Architectural Review: <https://www.architectural-review.com/today/up-the-632m-shanghai-tower-by-gensler-second-tallest-in-the-world?tkn=1> Erişim tarihi: 27.02.2023
- Blowers, A. (1993). *Planning for a sustainable environment*.
- Boduroğlu, Ş., & Kariptaş, F. S. (2010). Akıllı Binalarda Ekoloji-Teknoloji Dengesi. *Yapı Dergisi*, 341.
- Brand, R. G. (2003). *Co-evolution Toward Sustainable Development: Neither Smart Technologies Nor Heroic Choices*. Texas University at Austin.
- Büke, T., & Köne, A. (2006). Sürdürülebilir Kalkınma Kavramı Çerçevesinde Türkiye'nin Enerji Tüketiminin Analitik Şebeke Yöntemiyle İncelenmesi. *Türkiye 10. Enerji Kongresi*, (s. 249-258). İstanbul.
- Büyükkahraman, E. (2022). *Akıllı Malzeme Teknolojisinin Ortamlara Etkisi: Akıllı Evler*. İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Callebaut, V. (2017). *TAO ZHU YIN YUAN*. Vincent Callebaut Architectures: https://vincent.callebaut.org/object/110130_taipei/taipei/projects Erişim tarihi: 26.02.2023
- Callebaut, V. (2017, Ocak 6). This Twisted Carbon-Eating Tower is Rising in The East. (M. Hassett, Röportaj Yapan)

- Capra, F. (2020). Econation for People and Planet: <https://econation.one/sustainable-economy/> Erişim tarihi: 09.12.2022
- Chalmeau, S. (2022, Eylül). *Espace Sportif Le Souchais*. L'Observatoire CAUE: <https://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/espace-sportif-le-souchais/#gallery-6> Erişim tarihi: 06.03.2023
- CIB. (1999). Agenda 21 on Sustainable Construction. *CIB Report Publication 237*. Rotterdam, The Netherlands.
- CIB, & UNEP-IETC. (2002). Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document. (s. 6). Pretoria: South Africa.
- Civan, U. (2006). *Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi*. İstanbul: İTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Crowther, R. L. (1992). *Ecologic Architecture*. Boston: Architectural Press.
- Çakır Kiasif, G. (2016). Enerji Etkin Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Yangın Performansını İyileştirecek Yöntemler. *8.Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*. İstanbul: MSGSÜ.
- Çakır Kiasif, G., & Selçuk, E. (2018). Yeşillendirilmiş Konut Cephelerin Kentlerin Çevresel Kalkınmasına Etkisi. *Güvenli Yaşam Alanları ve Erişilebilir Konut*. İstanbul: İstanbul I. Konut Kurultayı.
- Çakır, G. (2011). *Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Yüksek Yapıların İrdelenmesi*. İstanbul: MSGSÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Çalapkulu, S. (2020, Ağustos 10). *Akıllı Binalar Ve Otomasyon Sistemleri*. Tesisat: <https://www.thesisat.org/akilli-binalar-ve-otomasyon-sistemleri.html> Erişim tarihi: 22.12.2022
- Çalapkulu, S. (2020). Yeşil Binalar ve LEED Sertifikaları. *Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi*, 24-28.
- Çamuşoğlu, N. (2023, Ocak 18). *Karbon Emici Bir Gökdelen "Tao Zhu Yin Yuan"*. EkoYapı: <https://www.ekoyapidergisi.org/karbon-emici-bir-gokdeklen-tao-zhu-yin-yuan> Erişim tarihi: 26.02.2023
- Çatı ve Cephe. (2008). İstanbul Sapphire. *Çatı ve Cephe Dergisi*(14), 34-35.
- Çayoğlu Kurtkal, H. (2022, Ağustos 6). *Sürdürülebilir Mimari Örnekleri ve Yeşil Binalar*. PlumeMag: <https://www.plumemag.com/surdurulebilir-mimari-ornekleri-ve-yesil-binalar/> Erişim tarihi: 17.11.2022
- Çelik Yapılar. (2016). Maslak No 1 Plaza. *Çelik Yapılar Dergisi*(48), 42-45.
- Çelik, E. (2009). *Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye'de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi*. İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Çetin, B. (2002). *Ekolojik Tasarım Yaklaşımı Açısından Akıllı Bina Kavramının İncelenmesi*. İstanbul: YTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.

- Çetinkaya, Y. (2016). Akıllı Binalar ve Akıllı Binalarda Asansörler. *Asansör Sempozyumu "Yapı ve Asansör"*. İzmir: EMO v MMO İzmir Şubeleri.
- Çıkrıkçıoğlu, B. (2004). *Akıllı Binaların Tarihsel Gelişimi ve Geleceğe Yönelik Ütopyalar*. İstanbul: YTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Çubuk, M. (1993). Kent ve Çevre: Planlamaya Ekolojik Yaklaşım. *Türkiye’de 17.Dünya Şehircilik Kolokiyumu* (s. 413s, 509-510). içinde İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi.
- DAC. (2022). *Google’ın Silikon Vadisi’ndeki Yeni Kampüsü Açıldı*. DAC: <https://dacistanbul.com/dunyadan-mimarlik/googlein-silikon-vadisindeki-yeni-kampusu-acildi/> Erişim tarihi: 24.03.2023
- Daly, H. E. (1991). Elements of Environmental Macroeconomics. *Ecological Economics*, New York.
- Dayangaç, D. (2005). *Akıllı Bina Kavramının Mimari Tasarıma Etkileri*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Degrassi, S., Castelli, M. R., & Benini, E. (2013). A Retrospective of Wind Turbine Architectural Integration in the Built Environment. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Architectural and Environmental Engineering*, 417-421.
- Demirel, B. (2016, Nisan 5). *Güneş Koruyucu Paneller*. İç Mimarlık Dergisi: <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/04/gunes-koruyucu-paneller/> Erişim tarihi: 11.01.2023
- DesignInc. (2006). *Council House 2 (CH2)*. DesignInc: <https://www.designinc.com.au/project/council-house-2-ch2> Erişim tarihi: 22.03.2023
- Dikmen, Ç. B., & Gültekin, A. B. (2009). Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Kapsamında Mimari Tasarım Sürecinde Akıllı Bina Kavramına Bakış. *21. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi: Doğa, Kent ve Sürdürülebilirlik*. Bursa.
- Doğan, G. (2019). Türk sosyal sürdürülebilir bina sertifikası modeli TÜSSBİSER.
- Doruk Alüminyum. (tarih yok). *Kapaklı Cephe Sistemleri*. Doruk Alüminyum: <http://www.dorukpen.com/urunler/kapakli-cephe-sistemleri#:~:text=Klasik%20kapakl%C4%B1%20giydirmeye%20cephe%3B%20al%C3%BCminyum,yatay%20ve%20dikey%20%C3%A7izgiler%20hakimdir.> adresinden alındı
- DTI. (2004). *Sustainable Construction Brief 2*. www.dti.gov.uk/construction/sustain adresinden alındı
- Du Pisani, J. (2006). Sustainable development – historical roots of the concept. *Environmental Sciences*, 83-96.
- Du Plesis, C. (1998). The meaning and definition of sustainable development in the built environment.

- Durmuş, Z. (2008). Türkiye’de Sürdürülebilir Mimari. *Mimarlık Dergisi*, 340, 21-30.
- E.İ.E İdaresi. (tarih yok). http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_ay.html adresinden alındı
- EAA. (2014). *Maslak No/1 Office Tower*. Emre Arolat Architecture: <https://emrearolat.com/project/maslak-no-1-office-tower/> Erişim tarihi: 23.03.2023
- Eko Yapı. (2015). Türkiye Müteahhitler Birliği Merkez Binası. *Eko Yapı Dergisi*.
- Eko Yapı. (2022, Mayıs 19). *Google İçin Silikon Vadisinde Tasarlanan Bay View Kampüsü*. Eko Yapı: <https://www.ekoyapidergisi.org/google-icin-tasarlanan-surdurulebilir-bay-view-kampusu> Erişim tarihi: 24.03.2023
- Elibüyük, U., & Üçgöl, İ. (2014). Rüzgar Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgar Enerjisi Depolama Yöntemleri. *Yekarum e-Dergi*.
- Enkhardt, S. (2022, Ekim 28). *EPFL sets new efficiency record for dye-sensitized solar cells*. PV Magazine: <https://www.pv-magazine.com/2022/10/28/epfl-sets-new-efficiency-record-for-dye-sensitized-solar-cells/> Erişim tarihi: 04.01.2023
- Erdede, S. B., Erdede, B., & Bektaş, S. (2014). Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi. *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*. İstanbul: UZAL-CBS 2014.
- Erdem, B. (2019, Nisan 24). *Ara Pacis Müzesi*. Mimari Tasarım ve Eleştiri: <https://mimaritasarimveelestiri.wordpress.com/2019/04/24/ara-pacis-muzesi/> Erişim tarihi: 16.03.2023
- Ergin, Ö. (2019). *Uyarlanabilir Cephe Sistemlerinde Güncel Yaklaşımlar ve Akıllı Malzemelerin Kullanımı*. İstanbul: YTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Erkınay, P. U. (2012). *Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin binalarda kullanımı üzerine bir inceleme*. Adana: Çukuruva Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Erturan, B. (2010). *AKILLI CEPHE TASARIM İLKELERİ VE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ*. İstanbul: MSGSÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Eryılmaz, T. (2011). *Sürdürülebilir Kalkınma Kavramı ve Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma*. Ankara.
- Estaji, H. (2017). A Review of Flexibility and Adaptability in Housing Design. *International Journal of Contemporary Architecture "The New ARCH"*, 38.
- Eşkin, P. (2019, Kasım 01). *Sürdürülebilirlik Nedir?* Ekolojist: <https://ekolojist.net/surdurulebilirlik-nedir/> Erişim tarihi: 08.09.2023
- Eşsiz, Ö., & Özgen, A. (2004). Büro Yapılarında Enerji Tüketimini Azaltan Çift Kabuklu Cephe Sistemleri. *Yapı Dergisi*, Sayı 276.
- Fisher, T. (1993). Architectural Education as a Design Problem. *Harvard Architecture Journal*.

- Florian, M. C. (2022, Mayıs 18). *Google's Bay View Campus Designed by BIG and Heatherwick Studio Opens in Silicon Valley, California*. Archdaily: https://www.archdaily.com/982121/googles-bay-view-campus-designed-by-big-and-heatherwick-studio-opens-in-silicon-valley-california?ad_campaign=normal-tag Erişim tarihi: 24.03.2023
- Foster, N. (2001). Lord Foster of Thames Bank (Green Architecture). *Architectural Design*, 71 (4).
- Foundations. (2002). *Principle of Sustainable Construction*.
- Gedik, Y. (2020). Sosyal, Ekonomik ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma. *International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences*, 196-214.
- Gensler. (2015). *Shanghai Tower*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat: <https://www.skyscrapercenter.com/building/shanghai-tower/56> Erişim tarihi: 20.03.2023
- Gensler DU. (2015). *Shanghai Tower*. Gensler Design Update: <https://du.gensler.com/vol6/shanghai-tower/#/> Erişim tarihi: 20.03.2023
- Germen, M. (2011). *İstanbul Sapphire*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat: <https://www.skyscrapercenter.com/building/sapphire-tower/748> Erişim tarihi: 24.03.2023
- Ghazali, A., Salleh, E. I., Haw, L. C., Mat, S., & Sopian, K. (2017). Feasibility of vertical photovoltaic system on high-rise building in Malaysia: Performance Evaluation. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 263-271.
- Gilman, R. (1992). Sustainability. *UIA/AIA*.
- gmp Architekten. (tarih yok). *Estádio Nacional Mané Garrincha*. Archilovers: <https://www.archilovers.com/projects/126071/estadio-nacional-mane-garrincha.html#images> Erişim tarihi: 30.01.2023
- Göksal, T. (2003). Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Güneş Pili Uygulamaları. *II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu* (s. 250-256). İzmir: YUKSEM.
- Gökşen, F., Güner, C., & Koçhan, A. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Ekolojik Yapı Tasarım Kriterleri. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi* 3, 92-107.
- GreenPix. (tarih yok). *GreenPix Zero Energy Media Wall*. SEG D: <https://segd.org/greenpix-zero-energy-media-wall-0> Erişim tarihi: 04.02.2023
- Guy, S., & Farmer, G. (2001). Reinterpreting Sustainable Architecture: The Place of Technology. *Journal of Architectural Education*, 54(3):140-148.
- Guzowski, M. (2017). *Sıfır Enerji Mimarlığına Doğru*. Yem Yayın.
- Gür, M. (2010). *Nanomimarlık Bağlamında Nanomalzemeler*.

- Gür, N. V. (2007). *Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi*. İstanbul: İTÜ, FBE, Doktora Tezi.
- Gür, Ş. Ö. (2000). *Doğu Karadeniz Örneğinde Konut Kültürü*. YEM Yayınevi.
- Halbe, R. (2011, Ocak 19). *Ara Pacis Museum / Richard Meier & Partners*. Archdaily: https://www.archdaily.com/104187/ara-pacis-museum-richard-meier-partners/50070d3f28ba0d4148000ca2-ara-pacis-museum-richard-meier-partners-image?next_project=no Erişim tarihi: 16.03.2023
- Hannah, D. (2013, Haziran 30). *CH2 Melbourne City Council House 2 / DesignInc*. Archdaily: <https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc/51cc7151b3fc4be56b000076-ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc-photo> Erişim tarihi: 22.03.2023
- Haris, J. (2000). *Basic Principles of Sustainable Development*.
- Harrison, A. (1992). *The Intelligent Building in Europe*.
- Harrison, A., Loe, E., & Read, J. (1992). *Intelligent Buildings in South East Asia*. London: E&FN Spon.
- Harrison, J. S., & Ounaies, Z. (2001). *Piezoelectric Polymers*. Hampton, Virginia: NASA ICASE Report No. 43.
- Hartig, G. (1805). *Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste*.
- Hausladen, G., Liedl, P., & Saldanha, M. d. (2008). *ClimateSkin: Building-skin Concepts that Can Do More with Less Energy*. Birkhäuser Basel.
- Hoşkara, E. (2007). *Ülkesel Koşullara Uygun Sürdürülebilir Yapım İçin Stratejik Yönetim Modeli*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Hoşkara, E., & Sey, Y. (2008). *Ülkesel Koşullar Bağlamında Sürdürülebilir Yapım*. İTÜ Dergisi, 50-61.
- Ibrahim, N. N. (2023, Ocak). *Tao Zhu Yin Yuan by Vincent Callebaut Architectures, Taipei, Taiwan*. Amazing Architecture: <https://amazingarchitecture.com/residential-building/tao-zhu-yin-yuan-by-vincent-callebaut-architectures-taipei-taiwan> Erişim tarihi: 26.02.2023
- İmrak, C. E. (2002). *Düşey Transport Sistemleri ve Trafik Akışı*. Best Dergisi, 16.
- Islam, N. (1996). Sustainability Issues In Urban Housing. *Habitat Internationale*, 20-3, 377-388.
- IUCN, UNEP, & WWF. (1991). *Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living*.
- Jenks, M., Burton, E., & Williams, K. (1996). *The Compact City: A Sustainable Urban Form?* Londra: SponPress.
- Kara, B. (2017). *Akıllı Bina Cephelerinin Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında İrdelenmesi*. İstanbul.

- Karadişoğulları, Ö. G. (2013). *AKILLI BİNALARDA KULLANILAN SİSTEMLERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA İRDELENMESİ*. İstanbul: Haliç Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Karanouh, A., & Kerber, E. (2015). Innovations in Dynamic Architecture: The Al-Bahr Towers Design and Delivery of Complex Facades. *Journal of Facade Design and Engineering*, 185-221.
- Karıptaş, F. S., & Karadişoğulları, Ö. G. (2015). Akıllı ve Sürdürülebilir Binalar. *Çatı ve Cephe*, 76-79.
- Kazimov, T., Selçuk, S. A., & Ilgın, H. E. (2017). Yüksek Binalarda Performatif Tasarım: Shanghai Kulesi Örneği. *Yapı*, 118-125.
- Keiner, M. (2005). History, Definition(s) and Models of Sustainable Development. *ETH Zurich*, 1-8.
- Kibert, C. (1994). Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction. *Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction* (s. 3-12). Tampa, Florida, USA: CIB Task Group 16.
- Kılıçaslan, A. (2004). *Gelişen teknoloji ve ekoloji kavramlarının mimariye yansımaları-akıllı binalar*. İstanbul: YTÜ FBE Yüksek Lisans Tezi.
- Killough, D. (2014, Nisan 16). *What is Life Cycle Assessment?* Green Building Elements: <https://greenbuildingelements.com/life-cycle-assessment/> Erişim tarihi: 13.09.2022
- Kim, J.-J., & Rigdon, B. (1998). Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design. *National Pollution Prevention Center for Higher Education* (s. 8-15). Michigan: The University of Michigan.
- Kırmıllı, Z. M. (2006). *Depreme Duyarlı Bölgelerde Sürdürülebilir Mimari Tasarımı; Isparta / Mavikent Örneği*. Isparta.
- Kıncay, O. (2014). *Sürdürülebilir Yeşil Binalar Ders Notları*.
- Kubba, S. (2010). *Green Construction Project Management and Cost Oversight*. Elsevier.
- Küçükcalay, A. M. (1997). Endüstri Devrimi ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 51-68.
- Landman, M. (1999). *Breaking through the Barriers to Sustainable Building: Insights from Building Professionals on Government Initiatives to Promote Environmentally Sound Practices*. Medford, Massachusetts: Master of Arts in Urban and Environmental Policy Thesis, Tufts University .
- Langmaid, J. (2004). *Choosing Building Services, A Practical Guide To System Selection*. London: BSRIA Guide.
- Leydecker, S. (2008). *Nanomaterials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Berlin: Birkhauser.

- L'Observatoire Caue. (2022, Eylül). *Espace Sportif Le Souchais*. L'Observatoire CAUE: <https://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/espace-sportif-le-souchais/#> Erişim tarihi: 06.03.2023
- Macazoma, D. (2001). *Building deconstruction, International Report*. Pretoria, South Africa: International Council for Research and Innovation in Building and Construction.
- Malthus, T. (1798). *An Essay on the Principle of Population*.
- Mangan, S. D. (2006). *Akıllı Binalarda Altı Sistem Değerlendirmesi, İstanbul Örneği*. İstanbul: İTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Maslak No/1. (2014). Maslak No/1: <https://www.maslakno1.com/gallery.html> Erişim tarihi: 23.03.2023
- Mayer, T. (2019, Ocak 6). *Maslak No.1*. Arkitektuel: <https://www.arkitektuel.com/maslak-no-1/#jp-carousel-13965> Erişim tarihi: 23.03.2023
- Mcdonough, W. (1992). The Hannover Principles-Design for Sustainability. *Prepared for EXPO 2000 The World's Fair*. Hannover, Germany.
- Mclennan, J. F. (2004). *The Philosophy of Sustainable Design*. Kansas City, USA: Ecotone Publishing.
- Merdim, E. (2010, Şubat 15). *İstanbul Sapphire*. Arkitera: <https://www.arkitera.com/proje/istanbul-sapphire/> Erişim tarihi: 24.03.2023
- Mersinoğlu, H. (2002). *İletişim teknolojisi: Mimarlık Etkileşimi ve Akıllı Evler*. İstanbul: YTU, Yüksek Lisans Tezi.
- Mileti, D. (1999). Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States. s. 31.
- Milosevic, P. (2004). The concept and principles of sustainable architectural design for national parks in Serbia. *SPATIUM International Review*, 91-105.
- Minibaş, T. (2003). Sürdürülebilir Kalkınma ve Etkileri. *Tübitak*.
- MMO. (2003). *Otomatik Kontrol Tesisatı*. İstanbul: Makine Mühendisleri Odası.
- Moldan, B., Janouskova, S., & Hak, T. (2012). How To Understand And Measure Environmental Sustainability: Indicators and Targets. *Ecological Indicators*, 4-13.
- Mollison, B., & Slay, R. (1994). *Introduction to permaculture*. Tyalgum, Australia: Tagari Publications.
- Morelli, J. (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1-10.
- Muscoe, M. (1995). A Sustainable Community Profile. *Places*, 30-37.
- Negroponte, N. (1975). The Architecture Machine. *Computer-Aided Design*, 7(3), 190-195.

- Nibat, Y. (2022, Ocak 22). *Yeryüzü Yıldızları: Biyoluminesan Canlılar*. Ekoloji Grubu: <https://ekog.org/2022/01/22/yeryuzu-yildizlari-biyoluminesan-canlilar/> Erişim tarihi: 01.03.2023
- Ogwu, I., & Nzewi, N. U. (2017). Adopting the principles of building physics, smart materials and new technologies in the design of energy efficient buildings. *Environmental Review*, 1-13.
- Oğuz, O. (2007). *Akıllı bina kavramı ve akıllı bina değerlendirme metodları*. İstanbul: İTÜ FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Okay, O. (2003). *Polimerik Malzemelerin Bugünü ve Yarını*. İstanbul: İTÜ, FEF, Kimya.
- Oktay, B. (2005). A Model for Measuring the Sustainability of Historic Urban Quarters: Comparative Case Studies of Kyrenia and Famagusta in North Cyprus.
- Okumuş, E. M. (2020). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Akıllı Cephe Sistemlerinin İncelenmesi. *The 8th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, (s. 3(1), 267-281). Bursa.
- Orhon, A. V. (2012). Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı. *Ege Mimarlık*, 82. 18-21.
- Orhon, A. V. (2013). Akıllı Yapı Kabukları. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı* (s. 1481-1487). içinde İzmir.
- Orhon, A. V. (2013). Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı. *VIII. Uluslararası Sinan Sempozyumu* (s. 297-304). Edirne: Trakya Üniversitesi.
- Orhon, A. V. (2014). Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri. *7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Önal, Ş. (2001). KENTSEL TASARIM KURAMINDA VE UYGULAMASINDA ŞARTLAR. *Mimarlık Dergisi*, 302, 50-53.
- Özbalta, T., & Çakmanus, İ. (2008). *Binalarda sürdürülebilirlik: ömür boyu maliyete ilişkin yaklaşımlar*. İstanbul: Doğa Yayıncılık.
- Özkazanç, Y. (2013). *Türkiye Muteahhitler Birliği Merkez Binası*. Avcı Architects: <https://avciarchitects.com/tr/proje/tmb-merkez-binasi/> Erişim tarihi: 25.03.2023
- Özler, M. E. (2003). *Akıllı Binalarda Enerji Etkin Tasarım Parametreleri*. İstanbul: İTÜ, Yüksek Lisans Tezi.
- Özmehmet, E. (2008). Dünyada ve Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 1853-1876.
- Özorhon, G. (2013). Sürdürülebilir Mimarlık, Yarının Binaları ve Bir Örnek. *Bina Fiziği Sempozyumu* (s. 1473-1478). İzmir: 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- Öztürk, H. K., Atalay, Ö., & Yılcı, A. (2005). Yapılarda Kullanılan HVAC Sistemlerinde Kontrol ve Enerji Verimliliği. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı 90, s. 69-76.

- Pearce, M. (2006). *Council House 2 Melbourne*. Mick Pearce: <https://www.mickpearce.com/CH2.html> Erişim tarihi: 22.03.2023
- Perker, Z. S., & Akkuş, K. (2020). Optik Özelliği ve Rengi Değişebilen Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanım Olanakları. *Yapı Dergisi*.
- Pittel, K. (2002). *Sustainability and Endogenous Growth*. Cheltenham: Edwar Elgar Publishing.
- Pitts, A. (2004). *Planning and Design Strategies for Sustainability and Profit: Pragmatic sustainable design on building and urban scales*. Architectural Press.
- Poirazis, H. (2004). *Double Skin Facades for Office Buildings*. Sweden: Lund University.
- Polat, E., & Kahraman, S. (2019). Antroposen Çağı'nda Kentsellik, Sürdürülebilirlik ve Dirençlilik. *Dirençlilik Dergisi*, 319-326.
- Raynsford, N. (2000). Sustainable construction: the Government's role. *Proceedings of ICE*, Vol. 138, pp. 16-22.
- Renda, Y. (1995). Sürdürülebilir Turizm. *Bilim ve Teknik*, 48-51.
- Reynaers Aluminium. (tarih yok). *8 Central Link at Jalan Kilang Barat*. Reynaers Auminium: <https://www.reynaers.eu/en-RU/inspiration/aluminium-project-references/8-central-link-jalan-kilang-barat> Erişim tarihi: 07.03.2023
- Ritter, A. (2007). *Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Berlin: Birkhauser Press.
- Saka, İ. (2011). *Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul'da Bir Ofis Binasının Leed Sertifikalandırma Sistemi Kapsamında Değerlendirilmesi*. İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı.
- Selman, P. (1995). Local Sustainability: Can the Planning System Help Get Us from Here to There? *The Town Planning Review*, 66(3) 287-302.
- Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*. İstanbul: Yem Yayın.
- Snape, D. (2013, Haziran 30). *CH2 Melbourne City Council House 2 / DesignInc*. Archdaily: <https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc> Erişim tarihi: 22.03.2023
- So, A. T.-p., & Chan, W. L. (1999). *Intelligent Building Systems*. The USA: Kluwer Academic Publishers.
- Sönmez, B., & Çakır Kiasif, G. (2018). Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Bağlamda Akıllı Cephe Sistemlerinin Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 63-98.
- STO. (2005). *Facade coatings with Lotus-Effect*. STO AG, Technical Brochure.
- Sung, D. (2018). *Invert™ self-shading windows*. Architecture Masterprize: <https://architectureprize.com/winners/winner.php?id=3738> Erişim tarihi: 25.01.2023

- Sur, H. (2012). Çevre Dostu Yeşil Binalar. *Yeşil Binalar Referans Rehberi 2012*. içinde İstanbul.
- Şen, H., Kaya, A., & Alpaslan, B. (2018). Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Bir Perspektif. *Ekonomik Yaklaşım*, 1-47.
- Şimşek, E. P. (2012). *Sürdürülebilirlik Bağlamında Yeşil Bina Olma Kriterleri "Kağıthane Ofisproje Projesi Örneği"*. İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tabanlıoğlu. (2011). *İstanbul Sapphire*. Tabanlıoğlu Architects: <https://www.tabanlıoglu.com/project/sapphire/> Erişim tarihi: 24.03.2023
- Tatar, E. (2013). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Çalışma Mekanlarında Gün Işığı Kullanımı İçin Bir Öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 147-162.
- Timberlake, J. (2004). SmartWrap Pavilion. P. Beesley, N. Y.-W. Cheng, & R. S. Williamson içinde, *Fabrication, Examining the Digital Practice of Architecture* (s. 46-49). Cambridge and Toronto, Ontario: The AIA Technology in Architectural Practice (TAP) Knowledge Community.
- Tıraş, H. (2012). *Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre: Teorik Bir İnceleme*.
- Topal, A. S., & Arpacioğlu, Ü. (2020). Mimarlıkta Akıllı Malzeme. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 241-254.
- Tuazon, D., Corder, G., & Mclellan, B. (2013). Sustainable Development: A Review of Theoretical Contributions. *International Journal Sustainable Future for Human Security*, 40-48.
- Tufan, M. Z., & Özel, C. (2018). Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yapı Malzemeleri için Sürdürülebilirlik Kriterleri. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendis ve Teknoloji Dergisi*, 9-13.
- Türker, E. (2021). *İnşaat Firmalarında Sürdürülebilirlik Stratejilerinin; Firma Rekabet Gücüne ve Firma Sürdürülebilirlik Performansına Etkisinin Araştırılması*. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- U.S. Department of Energy. (2020). Environmental Sustainability.
- Uher, T. E. (1999). *Absolute Indicator of Sustainable Construction*. Australia: University of New South Wales, Faculty of the Built Environment, RICS Research Foundation.
- UIA, & AIA. (1993). Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Bağımlılık Bildirgesi. *Dünya Mimarlar Kongresi*. Chicago: UIA/AIA.
- United Nations. (1996a). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies.
- United Nations. (2004). World Population to 2300. *United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division*.

- Utkutuğ, G. (2002). "Akıllı Binalar" , "Yeşil Mimarlık". *Mimarlık: Yeni Ufuklara, Bilim ve Teknik Dergisi Eki, Tübitak Yayınları*.
- Utkutuğ, G. S. (1999). Binaların Enerji Performansının Değerlendirilmesi Bağlamından Bina Simülasyon Programları. *TMMOB Makine Mühendisliği Dergisi*.
- Ünalın, H., & Tokman, L. Y. (2011). Sürdürülebilir Mimari Tasarım: Bir Renovasyon Projesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 129-157.
- Valentini, E. (2015, Ekim). *Museo Ara Pacis / Arquitecto Richard Meier*. Wideprint: <https://wideprint.com.ar/arquitectura/museo-ara-pacis/> Erişim tarihi: 16.03.2023
- van Timmeren, A. (2009). Climate integrated Design (Climate iD) of building Skins:Green Building Innovation. *BVA/FAC Symposium "De Levende Gevel"*. Brugge,Belgium: Delft University of Technology.
- Vehkamäki, S. (2005). *The concept of sustainability in modern times*.
- von Carlowitz, H. (1732). *Sylvicultura Oeconomica*.
- Wallace, A. (1898). *The Wonderful Century*.
- Walsh, C. J. (2002). *Construction related sustainability performance indicators: theory, methodology & initial application*. Dublin, Ireland: Sustainable Design International Ltd.
- WCED. (1987). *Our Common Future*. BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu.
- Webster. (2006).
- Wen, S.-L., Hsiao, C.-P., & Chen, C.-T. (2009). Intelligent Buildings. F. Haghighat, & J.-J. Kim içinde, *Sustainable Built Environment- Volume 1* (s. 209-225). Oxford-UK: EOLSS Publications.
- Wicon. (tarih yok). *Çubuk Sistem Giydirmce Cephe*. Wicon: <https://www.wicon.com/tr/tr/urunler/wictec/cubuk-sistem-giydirme-cephe/> Erişim tarihi: 16.02.2023
- WidePrint. (2015). *Museo Ara Pacis / Arquitecto Richard Meier*. Wideprint: <https://wideprint.com.ar/arquitectura/museo-ara-pacis/> Erişim tarihi: 16.03.2023
- Wikimedia Commons. (tarih yok). *Newcastle City Library*. Wikimedia Commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Newcastle_City_Library_glass_facade_showing_mural.JPG Erişim tarihi: 12.02.2023
- Williams, A. (2015, Kasım 14). *Up the 632m Shanghai Tower by Gensler, second tallest in the world*. The Architectural Review: <https://www.architectural-review.com/today/up-the-632m-shanghai-tower-by-gensler-second-tallest-in-the-world?tkn=1> Erişim tarihi: 20.03.2023
- Williamson, T., Radford, A., & Bennets, H. (2003). *Understanding Sustainable Architecture*. London and New York: Spon Press.

- Yağlı, S. (2019). *Teknolojik Gelişmelerin Etkisiyle Yüzeylerde Malzeme Kullanımı: Akıllı Malzemeler*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yalıtımlı Alüminyum. (2023). *Panel Cephe*. Yalıtımlı Alüminyum: <https://yalitimli-aluminyum.com/panel-cephe> Erişim tarihi: 19.02.2023
- Yetkin, E. (2019). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Yapılarda Su Korunumu Stratejileri. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 7078.
- Yıldız, D. (2019, Nisan 19). *Ara Pacis Müzesi*. Mimari Tasarım ve Eleştiri: <https://mimaritasarimveelestiri.wordpress.com/2019/04/19/ara-pacis-muzesi-2/> Erişim tarihi: 16.03.2023
- Yılmaz, H. (2020). Sürdürülebilir Mimari Tasarım: Az Katlı Konutlarda Esnek Bir Tasarım Modeli.
- Yorgancıoğlu, P. (2004). *Sürdürülebilir Yapım Kavramının Uygulamaya Aktarılmasındaki Araç, Yöntem ve Yaklaşımlara İlişkin Bir Değerlendirme*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Zağpus, S. (2002). *Development of Intelligent Buildings and Their Impacts on Architecture in Turkey*. İzmir: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Zeren, L., Berköz, E., & vd. (1987). *Türkiye 'de yeni yerleşmeler ve binalarda enerji tasarrufu amacıyla bir mevzuat modeline ilişkin çalışma*. İstanbul: Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi, İTÜ.
- Zinzade, D. (2010). *Yüksek Yapı Tasarımında Sürdürülebilirlik Boyutunun İrdelenmesi*. İstanbul.