DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR TASARIM ARACI OLARAK BİYOTAKLİDİN KENTİN SİMGESİ OLAN MEGA YAPILARIN BİÇİMLENİŞİNE OLAN ETKİSİNİN ANALİZİ

Deniz ORHAN

Ağustos, 2023
İZMİR

BİR TASARIM ARACI OLARAK BİYOTAKLİDİN KENTİN SİMGESİ OLAN MEGA YAPILARIN BİÇİMLENİŞİNE OLAN ETKİSİNİN ANALİZİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı

Deniz ORHAN

Ağustos, 2023
İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

DENİZ ORHAN,tarafından**Doç.Dr. KUTLUĞ SAVAŞIR** yönetiminde hazırlanan**"BİR TASARIM ARACI OLARAK BİYOTAKLİDİN KENTİN SİMGESİ OLAN MEGA YAPILARIN BİÇİMLENİŞİNE OLAN ETKİSİNİN ANALİZİ"**başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr.Kutluğ Savaşır

Yönetici

Dr. Öğr. Üyesi Ecehan Özmehmet

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ahmet Vefa Orhon

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca beni destekleyen, birikim ve tecrübeleriyle araştırmalarıma katkı sağlayan, danışman hocam SayınDoçent Dr. Kutluğ SAVAŞIR'a destek ve alakalarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan sevgili eşim Gökhan FIRAT'a, annem Oya ORHAN, babam Ahmet ORHAN ve kardeşim Ayşe Buse ORHAN'a tüm destekleri ve bana olan inançlarından dolayı teşekkür ederim.

Deniz ORHAN

BİR TASARIM ARACI OLARAK BİYOTAKLİDİN KENTİN SİMGESİ OLAN MEGA YAPILARIN BİÇİMLENİŞİNE OLAN ETKİSİNİN ANALİZİ

ÖZ

Tez kapsamında yapılan literatür araştırması sonucunda ‘mega yapılar’ ve ‘biyotaklit’ kavramlarıyla ilgili ayrı ayrı oldukça yayın varken iki kavramın birleşiminden oluşan bir kaynak bulunamamıştır. Mega yapı ve biyotaklit kavramları üzerinde farklı çalışmalar yapılsa da bu tez, iki kavramın kesişim noktasıdır. Literatürde biyotaklit tasarım yöntemi ile ilgili farklı sınıflandırmalar mevcuttur, bu sınıflandırmaların dışında, Vitruvius’un form,fonksiyon ve strüktür üçlemesinden yola çıkılarak yeni bir sınıflandırma tez kapsamında önerilmiştir. Bu tezde biyotaklit kavramının, mega yapı örnekleriyle incelenmesi ve bu kapsamda form, fonksiyon ya da strüktürel olarak yeni bir sınıflandırma önerisine göre doğadan nasıl öykündüklerinin ortaya konması amaçlanmaktadır. Biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan ve mega yapı unvanı almış farklı farklı yapılar vardır. Bu tezde hem doğadan öykünerek tasarlanan hem de bir şehri ya da ülkeyi temsil edipmega yapı olan 18 yapının incelenmesi tezin kapsamını oluşturmaktadır. Hem yazılı hem de görsel literatür çalışması yapılarak, biyotaklit ve mega yapınkavramının tanımı yapılmış, tarihsel gelişimi incelenmiş, kullanım alanları araştırılmış ve biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan mega yapılar, nitel araştırma yöntemlerinden betimsel analiz yöntemiyle irdelenmiştir. Keops Piramidi, La Sagrada Familia, Hoover Barajı, Batı Alman Pavyonu, Montreal 1967 ABD Pavyonu, Osaka 1970 ABD Pavyonu, Sidney Opera Binası, Waterloo Tren İstasyonu, Burj Al Arab, Eden Projesi, Taipei 101, Gherkin Swiss-Re Kulesi, Oita Stadyumu, Turning Torso, Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi, Pekin Ulusal Stadyumu, Aldar Merkez Binası,Canton Televizyon Kulesi,bu tezin bulgularını oluşturmaktadır. Bulgular, karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve ortaya çıkan sonuçlar, sonuç bölümünde ifade edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyotaklit, biyomimikri, doğadan esinlenme, megayapılar

THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF BIOMIMICRY AS A DESIGN TOOL ON THE FORMATION OF MEGASTRUCTURES WHICH IS THE SYMBOL OF THE CITY

ABSTRACT

Literature researches shows that there are publications about megastructures and biomimicry however, any source consisting of the combination of the two concepts can't be found. In this thesis, it is aimed to examine the concept of bioimimicry with examples of megastructures and to reveal how they are imitated from nature. In the literature, there are different classifications regarding the biomimicry design method, apart from these classifications, a new classification has been proposed within the scope of the thesis, based on Vitruvius' trilogy of form, function and structure. It is aimed to examine the concept of biomimicry with examples of megastructures and to reveal how they are imitated from nature according to a new classification suggestion in form, function or structural. There are many structures designed with biomimicry. There are also many megastructures. Examining 18 structures, which are megastructures and inspired by nature, is the scope of the thesis. Both written and visual literature research was conducted. Biomimicry and megastructure has been defined, its historical development, areas of usage are researched and megastructures designed with biomimicry examined with descriptive analysis method. Pyramid of Cheops, La Sagrada Familia, Hoover Dam, German Pavillion, Montreal United State Pavillion, Osaka United States Pavillion, Sydney Opera House, Waterloo Train Station, Burj Al Arab, Eden Project, Taipei 101, Gherkin Swiss-Re Tower, Oita Stadium, Turning Torso, Beijing National Aquatics Centre, Beijing National Stadium, Aldar Headquarters Building, Canton Tower are chosen for the thesis as the findings. were analyzed and the results are stated in the conclusion section.

Keywords: Biomimicry, biomimetic, inspired by nature, mega structures

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ xii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1 Problem Tanımı 3
1.2 Tezin Amacı 3
1.3 Tezin Kapsamı 4
1.4 Tezin Araştırma Yöntemi 4

BÖLÜM İKİ - MEGA YAPILAR 6

BÖLÜM ÜÇ - BİYOTAKLİT (DOĞADAN ESİNLENME) 19

3.1 Biyotaklit Nedir? 19
3.2 Biyotaklit Tasarım Yönteminin Tarihçesi 20
3.3 Mimarlıkta Biyotaklit 27
3.4 Mimarlıkta Biyotaklit Tasarım Yöntemlerinin Sınıflandırılması 28
3.4.1 Biçimsel Benzerlik 36
3.4.2 Fonksiyonel Benzerlik 41
3.4.3 Strüktürel Benzerlik 45

BÖLÜM DÖRT - BİYOTAKLİT TASARIM YÖNTEMİ İLE TASARLANMIŞ MEGA YAPILARIN İNCELENMESİ 51

4.1. Biyotaklit Tasarım Yöntemi İle Tasarlanan Mega Yapıların İncelenmesi .. 51
4.1.1 Keops Piramidi 53
4.1.2 La Sagrada Familia 55

4.1.3 Hoover Barajı 57
4.1.4 Batı Alman Pavyonu 59
4.1.5 Montreal 1967 ABD Pavyonu 61
4.1.6 Osaka 1970 A. B. D. Pavyonu 63
4.1.7 Sidney Opera Binası 65
4.1.8 Waterloo Tren İstasyonu 67
4.1.9 Burj Al Arab 69
4.1.10 Eden Projesi 71
4.1.11 Taipei 101 73
4.1.12 Gherkin Swiss-Re Kulesi (30 St Mary Axe) 75
4.1.13 Oita Stadyumu 77
4.1.14 Turning Torso 79
4.1.15 Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi 81
4.1.16 Pekin Ulusal Stadyumu 82
4.1.17 Aldar Merkez Binası 84
4.1.18 Canton Televizyon Kulesi 86
4. 2 Biyotaklit Tasarım Yöntemi İle Tasarlanan Mega yapıların Değerlendirilmesi 89

BÖLÜM BEŞ - SONUÇ 97

KAYNAKLAR 100

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Keops Piramidi (Bizsiziz, 2020) 7
Şekil 2.2 Babil'in Asma Bahçeleri (Arkeofili, 2020) 8
Şekil 2.3 Zeus Heykeli (Vargün, 2022) 8
Şekil 2.4 Artemis Tapınağı (Orangesmile, b.t.) 9
Şekil 2.5 Halikarnas Mozolesi (Orangesmile, b.t.) 9
Şekil 2.6 Rodos Heykeli (Tzv, 2020) 10
Şekil 2.7 İskenderiye Feneri (Shaltout, Tonbol ve Omstedt, 2015) 10
Şekil 2.8 Pantheon (Smarthistory, 2015) 11
Şekil 2.9 Floransa Katedrali (Arkeofili, 2022) 11
Şekil 2.10 Ayasofya (Arkeofili, 2020) 12
Şekil 2.11 Panama Kanalı (Freightwaves, 2021) 12
Şekil 2.12 Amundsen-Scott Güney Kutbu İstasyonu (ERDC, 2017) 13
Şekil 2.13 El Hazne (Turna, b.t.) 13
Şekil 2.14 Iron Bridge (English-heritage, b.t.) 14
Şekil 2.15 Golden Gate Köprüsü (History, 2019) 14
Şekil 2.16 1915 Çanakkale Köprüsü (Dezeen, 2022) 15
Şekil 2.17 Göbeklitetepe (Ktb, b.t.) 15
Şekil 2.18 Millau Viyadüğü (Arkitektuel, 2018) 16
Şekil 2.19 Webley Stadyumu (Foster+Partners., b.t.) 16
Şekil 2.20 Petronas Kuleleri (Skyscaper, b.t.) 17
Şekil 2.21 Burj Khalifa (Burjkhalifa, b.t.) 17
Şekil 2.22 Dünyanın En Büyük Çadırı (Dezeen, 2010) 18
Şekil 3.1 Biyotaklit Kavramının Tarihi Çizelgesi (Gaur, Sharma ve Singhal, 2018) 21
Şekil 3.2 İnsan Vücudu (Posta, 2018) 21
Şekil 3.3 Leonardo Da Vinci'nin Uçan Makine Eskizi (Muhendisol, 2016) 22
Şekil 3.4 Kaplumbağa Savaş Gemisi (Korelimited, 2021) 22
Şekil 3.5 Wright Brothers ve Uçak (Bilimgenc, 2019) 22
Şekil 3.6 Pıtrak Bitkisi ve Cırt Cırtlı Bant (Sites.psu, 2015) 23
Şekil 3.7 Daimler Chrysler Biyonik Araç ve Kutubalığı (Abdel-Rahman, 2021) 23

Şekil 3. 8 Köpekbalığı Derisi (Feld,vd. , 2019) ve Yüzücü Mayosu (Sciencehistory, 2017) 24
Şekil 3.9 Lotus Bitkisi (Asknature, 2020) 24
Şekil 3.10 Kambur Balina (Pawlyn, 2016) 25
Şekil 3.11 Sürüler Halinde Yüzen Balıklar ve Rüzgâr Türbin Yerleşimleri (Pawlyn, 2016) 25
Şekil 3.12 Yalıçapkını Kuşu (Biome-Renewables, b.t.), Tohumun Yere Düşerkenki Serbest Uçuş Hareketi (Ask Nature, 2020) ve PowerCone (Biome-Renewables, b.t.) 26
Şekil 3.13 Morpho Kelebeği (Pawlyn, 2016) 27
Şekil 3. 14 Sis Yakalayıcı Sistem ve Böcek (Zari, 2007) 29
Şekil 3.15 Termit Kulesi ve Eastgate Binası (Kuday, 2009) 30
Şekil 3. 16 Lloyd Crossing Projesi ve Analizleri (Mithun, b.t.) 30
Şekil 3.17 Güve ve Proje Tasarımı (Mazzoleni, 2013) 31
Şekil 3.18 Kutup Ayısı Derisi ve Tasarlanan Yapı (Mazzoleni, 2013) 32
Şekil 3.19 Sera (Mazzoleni, 2013) 33
Şekil 3.20 Su Aygırı Derisi ve Yapı Kabuğu (Mazzoleni, 2013) 34
Şekil 3.21 Vitruvius üçgeni (Universkop, 2020) 35
Şekil 3.22 Yalıçapkını (Bilimgenç, 2020) ve Shinkansen Treni (Raillife, 2016) 37
Şekil 3.23 Kertenkele (Jutta-paulus.de, 2021) ve Gösteri Sanatları Merkezi (Inhabitat, 2007) 37
Şekil 3.24 Deniz Dalgaları (Smithsonian, 2015) ve Haydar Aliyev (Zaha-hadid, b.t.) 37
Şekil 3.25 Kaya (Popsci, 2009) ve Guangzhou Opera Binası (Arkitektuel, 2017) 38
Şekil 3.26 Kelebek (Gezici, 2020) ve Konya Tropikal Kelebek Bahçesi (Haberturk, 2020) 38
Şekil 3.27 Uçmaya Hazırlanan Kuş (Allabaoutbirds, 2020) ve TWA Terminal Binası (Arkitektuel, 2018) 39
Şekil 3.28 Dalga (Malibumakos, 2018) ve The Henderson Waves Köprüsü (Archdaily, 2009) 39
Şekil 3.29 Lotus Çiçeği (Quora, b.t.) ve Nilüfer Tapınağı (Minifaber, 2014) 40
Şekil 3.30 Göz ve Valencia Hemispheric (Wordpress, 2010) 40

Şekil 3.31 İnsan Eli ve Kuwait Pavilion (Gosciniak, Januszkiewicz, 2018) 41
Şekil 3.32 İnsan Bacağı ve Torre de Montjuïc (Gosciniak, Januszkiewicz, 2018).... 41
Şekil 3.33 Göz ve Lyon–Saint-Exupéry Havalimanı (Gosciniak, Januszkiewicz, 2018)..... 41
Şekil 3.34 Yarasa Ekolokasyon (Askabiologist, 2009)..... 42
Şekil 3.35 Radar Sistemi (Muhendisbeyinler, 2017) ve Sonar Sistemi (Elektrikde, 2022)..... 42
Şekil 3.36 Ayçiçeği (Tazeçiçek, b.t.) ve Al Bahar Towers (Archdaily, 2012) 43
Şekil 3.37 Institut du Monde Arab (Pawlyn, 2016) 43
Şekil 3.38 Media TIC Binası (Pawlyn, 2016) 44
Şekil 3.39 Kıyıda bulunan istridyeler (Ask Nature, b.t.) 45
Şekil 3.40 Gotik Tonozları İnsan İskeletiyle Karşılaştıran Diyagram (Steadman, 2008)..... 46
Şekil 3.41 Ağaç (Cnrwood, 2022) ve Stansted Havalimanı (Idealstandard, 2018) ... 46
Şekil 3.42 Pavyon Tasarımı (Pawlyn, 2016)..... 47
Şekil 3.43 Demirin Kristal Yapısı (Ripley ve Bhushan, 2016) ve The Atomium (Foronuclear, 2022) 47
Şekil 3.44 Hi-Fi Kulesi (Pawlyn, 2016)..... 48
Şekil 3.45 Nilüfer Çiçeği (Janedzisiewski, 2013) ve Crystal Palace (Archdaily, 2013) 48
Şekil 3.46 Gaudi ve Doğadan Esinlendiği Tasarımlar (Selçuk ve Sorguç, 2007) 49
Şekil 3.47 Örümcek Ağı (Wıred, 2012) ve Munih Olimpiyat Stadyumu (Dezeen, 2015)..... 50
Şekil 3.48 Radiolaria (Pawlyn, 2016) ve Jeodezik kubbe (Gzt, 2021) 50
Şekil 4.1 Dağ Formu (Tasnimnews, 2018) ve Keops Piramidi (Smithsonian, 2018) 54
Şekil 4.2 Ağaç ve Sagrada Familia'daki Kolon (Steemit, b.t.) 56
Şekil 4.3 Ağaç ve Sagrada Familia'daki kolon (Steemit, b.t.)..... 56
Şekil 4.4 Kunduzların Yaptığı Baraj (Sciencefocus, b.t.)..... 58
Şekil 4.5 Örümcek Ağı (Insideecelogy, 2018) ve Batı Alman Pavyonu (Metalocus, 2015)..... 60
Şekil 4.6 Radiolaria 1967 (Nfku, 2017) ve Jeodezik Kubbe (Santiyegunlugu, 2020)62

Şekil 4.7 Sabun Köpüğü (Einsteinonline, b.t.) ve Osaka 1970 ABD Pavyonu (Metaformdesigninternational, b.t.) 64
Şekil 4.8 Portakal ve Sidney Opera Binası Çatı Tasarımı (Structpedia, 2019)..... 66
Şekil 4.9 Pangolin (Mammalwatching, 2016) ve Waterloo Tren İstasyonu (Dezeen,2020)..... 68
Şekil 4.10 Rüzgârda Kabarmış Yelkenli (Turksail, 2010) ve Burj Al Arab (Paratic, 2015)..... 70
Şekil 4.11 Sabun Köpüğü (Stylepark, 2010) ve Eden Projesi (Edenproject, b.t.) 72
Şekil 4.12 Taipei 101 ve Bambu (Borji, 2019) 74
Şekil 4.13 Venüs Çiçeği Bitkisi (Al-fanarmedia, 2016) ve Gherkin Swiss-Re (Archdaily, 2013) 76
Şekil 4.14 İnsan Gözü (Sonsuz Teknoloji, 2021) ve Oita Stadyumu (Intelligence-airbusds, b.t.) 78
Şekil 4. 15 Turning Torso ve Hareket Eden İnsan Formu (Forum.skyscraperpage, 2008)..... 80
Şekil 4.16 Sabun Köpüğü (Muhendisbeyinler, 2017) ve Ulusal Su Sporları Merkezi (v3.Arkitera, 2008) 82
Şekil 4.17 Kuş Yuvası (Bilimvegelecek, 2022) ve Pekin Uluslararası Olimpiyat Stadyumu (Arquitecturaviva, 2023) 84
Şekil 4.18 İstiridye Kabuğu (Wallpaperflare, b.t.) ve Aldar Gökdeleni (Building.co, 2010)..... 86
Şekil 4.19 Geleneksel Elbise Giymiş Kadın Vücudu (Pinterest, b.t.) ve Canton Tv Kulesi (Tripadvisor, 2015) 88
Şekil 4.20 Mega yapıların yapım yılları..... 91
Şekil 4.21Mega Yapıların Fonksiyonları 92
Şekil 4.22 Mega Yapıların Esin Kaynakları 93
Şekil 4.23 Mega Yapıların Strüktürel Sistemi 94
Şekil 4.24 Mega yapıların Benzerlik İncelemesi 95
Şekil 4.25 Mega yapıların Kıtalara Göre Dağılımı 96

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 4.1 Keops Piramidi'nin teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 53
Tablo 4.2 La Sagrada Familia'nın teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 55
Tablo 4.3 Hoover Barajı'nın teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 57
Tablo 4.4 1967 Batı Alman Pavyonu'nun teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 59
Tablo 4.5 Montreal 1967 ABD Pavyonu'nun teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 61
Tablo 4.6 Osaka 1970 Pavyonu'nın teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 63
Tablo 4.7 Sidney Opera Binası'nın teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 65
Tablo 4.8 Waterloo Tren İstasyonu'nun teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 67
Tablo 4.9 Burj Al Arab'ın teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 69
Tablo 4.10 Eden Projesi'nin teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 71
Tablo 4.11 Taipei 101'in teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 73
Tablo 4.12 Gherkin Swiss-Re Kulesi'nin teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 75
Tablo 4.13 Oita Stadyumu'nun teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 77
Tablo 4.14 Turning Torso'nun teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 79
Tablo 4.15 Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi'nin teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 81
Tablo 4.16 Pekin Stadyumu'nun teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 83
Tablo 4.17 Aldar Merkez Binası'nın teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni .. 85
Tablo 4.18 Canton Televizyon Kulesi'nin teknik özellikleri ve mega yapı olma nedeni 87
Tablo 4.19 Çalışma kapsamında irdelenen örnek projeler ile ilgili bilgiler 89
Tablo 4.19 Çalışma kapsamında irdelenen örnek projeler ile ilgili bilgiler devamı .. 90

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Tarih boyunca mimarlar tasarımlarını yaparken ilham kaynağı olarak doğayı gözlemlemişlerdir. Mimarlar, geçmişten beri dönemin sorunlarına çözüm bulmak ve ihtiyaçlar doğrultusunda daha iyi yapılar tasarlamak için çabalamıştır. Teknolojinin ve bilminhızla gelişmesinin mimarlığı çok farklı boyutta etkilediği görülmektedir. Günümüzde, mimarlık kavramı gerek teknolojinin gelişmesi, gerekse sürdürülebilirlik kavramının öne çıkmasıyla büyük bir dönüşüm içerisindedir. Mimarlar teknolojik gelişmelerle farklı tasarımlar sunarken 'doğayla uyumlu, doğayla birlikte nasıl tasarlanabilir sorularına da yanıt aramaya başlamışlardır.

Uzun ömürlü olması ve kullanıcı ihtiyaçlarına adapte olabilmesi bir yapıda aranan en önemli özelliklerdir. Doğayı gözlemlediğimizde, sadece adaptasyonu yüksek canlılar uzun ömürlü olmaktadır. Günümüzdeki birçok yapıya bakıldığında ise doğaya ve çevreye uyum sağlama konusunda yetersiz oldukları görülmektedir. Bu nedenledir ki bu yapıların tümü yok olmaktadır.

Doğadaki örnekler form, estetik, işlevsellik, sağlamlık ve enerji tasarrufu açısından kusursuzdur. Mimarlık kavramının günümüzde doğanın tam tersine işlediğini görmek mümkündür. Örnek verilecek olursa, doğadaki formların tümü eğriseldir (ağaçlar, hayvanlar, dağlar, sabun köpüğü vs) günümüzde mimarlar keskin hatlara sahip yapılar tasarlamaktadır. Prizmatik tasarımlar yerini, topografyadan ve arazinin durumundan etkilenen organik formlara bırakırsa, doğanın yansıması ve etkisi sonucu daha etkin mimari sonuçlar elde edilebilmektedir.

Günümüz tasarımlarının sahip olduğu bu yetersizliklerin, biyotaklit tasarım yaklaşımı ile çözülebilmesi öngörülmektedir. Mimarlar ve tasarımcılar güncel ihtiyaçlara karşılık verebilen, bulunduğu çevreyle uyumlu ve insanlığa yararlı tasarımlar ortaya çıkarıp,insanları çevreleyen birçok soruna çözüm

getirebilmektedirler. Çünkü doğa en iyisini bilir ve tasarımcılar doğru yere bakabilirlerse en uygun ve etkin çözümü görebilirler.

Doğanın tasarım ve mühendislik ilkelerinden ilham alma uygulaması olan biyotaklit, mimari ve mühendislik inovasyonunda biryöntem olarak ortaya çıkmıştır. İnsanlık artan çevresel zorluklarla karşı karşıya kalırken, biyotaklit kavramı sürdürülebilir yapılar geliştirmek için farklı bir yaklaşım sunmaktadır.

Biyotaklit tasarım yöntemi, bitkilerde, hayvanlarda ve ekosistemlerde bulunan biçimleri, kalıpları, süreçleri ve sistemleri inceleyerek, bu ilkeleri insan zorluklarını çözmek için uygulamaya çalışmaktadır. Bu yaklaşımın kökleri, doğanın evrim yoluyla sayısız tasarımı ve çözümü keşfettiği ve bu keşifleriinovasyonlar için önemli bir ilham kaynağı haline getirdiği anlayışına dayanmaktadır.

Doğanın stratejilerini inceleyerek ve öykünerek, çevredeki ekosistemle uyum sağlayan binalar ve altyapılar tasarlanabilmektedir. Bu tezde, biyotaklit ile en büyük, en yüksek, en geniş ve ilk yapılan gibi sıfatlara sahip olan mega yapılarınkesişimini keşfederek, doğanın bilgeliğinin mimari tasarımlara ve inşasına nasıl ilham verebileceği vurgulamaktadır.

Beş bölümden oluşan tez çalışmasının ilk bölümünde; problemin tanımı, tezin amacı, tezin kapsamı ve tez araştırmasının yöntemi belirtilmiştir.

İkinci bölümde, mega yapı kavramının farklı tanımları yapılmış,sınırları belirtilmiş, tarihçesi anlatılmış ve geçmişten günümüze kadar hangi fonksiyonlarda karşımıza çıktığı örneklerle anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, literatür taraması sonucubiyotaklit kavramının farklı bilim adamları tarafından yapılan tanımlarıbelirtilmiş, prensipleri ve kuralları ifade edilmiş, tarihçesi anlatılmış, hangi dönemden beri, kimler tarafından ve hangi tasarımlarda kullanıldığı, biyotaklit tasarım yönteminin mimarlıkla ilişkisi, tarihçesi mimaride nasıl kullanıldığı ortaya konulmuş,bugüne kadar yapılan biyotaklit tasarım

yöntemi sınıflandırılmaları incelenmiş veVitruvius'un form, fonksiyon ve stürüktürel etmenlerinden yola çıkılarak yeni bir sınıflandırma önerisi sunulup örneklerle anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan onsekiz adet mega yapı, yapım yılı, mimari tasarımı, lokasyonu, strüktür sistemi, strüktür malzemesi, fonksyionu, esin kaynağı, yeni bir sınıflandırma önerisi olarak form, fonksyion ve strüktür kapsamlarında sınıflandırılması ve mega yapı olma nedeni açılarından incelenmiştir. Bu yapılar karşılaştırılmış olarak analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Tezin beşinci ve son bölümünde,biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan 18adet mega yapının değelendirmelerine yönelik sonuçlar ortaya konmuştur.

1. 1 Problem Tanımı

Bu tez kapsamında yapılan araştırmaya göre 'mega yapı' ve 'biyotaklit' kavramlarıyla ilgili ayrı ayrı pek çok yayın olduğu saptanmıştır. Fakat biyotaklit tasarım yöntemiyle tasarlanan mega yapılar ile ilgili herhangi bir kaynak bulunmamıştır. Daha önce, mega yapılar ve biyotaklit kavramları üzerinde farklı çalışmalar yapılsa da, iki kavramın kesişim noktası olan bir çalışma yapılmamış olması ve tez kapsamında yeni bir sınıflandırma önerisi sonucunda biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan mega yapıların form, fonksiyon ve strüktürel olarak incelenmesi bu çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

1. 2Tezin Amacı

Bu tezde amaç, uzun yıllar boyunca kullanılan ve hala kullanılmakta olan biyotaklit kavramını, mimaride uç noktaya gelmiş mega yapı örnekleriyle irdelemek ve bu kapsamda farklı fonksiyonlara sahip mega yapı örneklerinin doğadan nasıl ilham aldıklarını belirlemektir.Aynı zamanda,bu çalışmada, Vitrivius'un başarılı mimarlık için tanımından yola çıkarak form, fonksyion ve strüktür açısından yeni bir sınıflandırma önerilmesi amaçlanmıştır. Biyotaklit ile oluşturulan benzerlikler, bu üç başlık üzerinden değerlendirilmiştir.

1. 3Tezin Kapsamı

Günümüzde biyotaklit tasarım yönteminin kullanıldığı birçok yapı mevcuttur. Bunun yanı sıra farklı konularda mega yapı ünvanı almış yapılar da vardır. Bu çalışmada, hem doğadan esinlenerek tasarlanan, hem de mega yapı unvanını elde edebilmiş yapılar irdelenmiştir. Bir kentin ya da ülkenin simgesi olan farklı fonksiyonlara sahip mega yapılar seçilerek, biyotaklit yönteminin bu yapılar üzerinde form, fonksiyon ve stürüktürel olarak nasıl uygulandığı vurgulanmıştır.

1. 4Tezin Araştırma Yöntemi

Yöntem olarak, mimaride biyotaklit ve mega yapılara yönelik hem yazılı hem de görsel olarak, kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Tarama sırasında, makaleler, dergiler, internet kaynakları, bildiriler, YÖKTEZve kitapların ilgili bölümlerindeki biyomimikri, biyomimesis, biyomimetik, biyotaklit, doğa, doğa esinli gibi anahtar kelimeler kullanılarak incelenmiştir. Ulaşılan yayınlar, bu yayınlarda bulunan kaynakların incelenmesi, mega yapı belgesellerinin araştırılmasıyla bulunan biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan mega yapılar ve biyotaklit tasarım yöntemi sınıflandırılmaları araştırılmış, iki adet sınıflandırma çalışması bulunmuştur ve yeni bir sınıflandırma önerisi tarafımızdan yapılmıştır.

Literatür taramasının yanı sıra betimsel analiz yöntemine de başvurulmuştur. Betimsel analiz dört aşamadan oluşmaktadır.Bu aşamalar:

- Betimsel analiz için bir çerçeve oluşturma,
- Tematik çerçeveye göre verilerin işlenmesi,
- Bulguların tanımlanması ve
- Bulguların yorumlanmasıdır(Şeker, 2020).

Bu tez kapsamında, biyotaklit tasarım yöntemiyle tasarlanan mega yapıların form, fonksiyon ve strüktür sınıflandırmasına göre incelenmesi bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu çerçeveye göre literatür taramasında saptanan veriler işlenmiştir. 18 adet biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan mega yapı bulguları belirlenmiş ve tanımlanmıştır. Tümbulgardan elde edilen veriler bir tabloya işlenmiş ve analizi

yapılmıştır. Değerlendirme bölümünde elde edilen bilgiler tablolarda sunulmuş ve yorumlanmıştır.

BÖLÜM İKİ

MEGA YAPILAR

İnsanoğlu yüzyıllar boyu adından söz ettirebilecek, gelecek nesillere aktarabilecekleri yapılar vermek için çabalamıştır. Bundan dolayı her dönemde en iyisiniyapabilmek istemiştir. Boyutları ve ölçekleri, içerdikleri teknolojik yenilikler, yapımlarındaki ustalık ya da önemli bir tasarımcının en iyi işini temsil etmeleri gerçeğiyle mega yapılar ortaya çıkmıştır (Parkyn, 2004).

Mega yapılar, şehirleri veya çevrelerini dönüştüren benzersiz ve birbirinden farklı ikonik özelliklere sahip yapılardır. Benzersiz yapı sistemlerinden oluşan mega yapılarda, teknoloji ve tasarım ilkeleri dönemin estetik ihtiyacı ile birleştiğinde ortaya kentin veya çevresinin simgesini oluşturan özgün yapılar çıkmaktadır. Mega yapılar ile ilgili farklı tanımlar aşağıdaki gibidir:

En büyük, en yüksek, en geniş ve ilk yapılan gibi sıfatlara sahip olan yapılara mega yapılar denmektedir.

Yapımı zaman alan, farklıtasarım ve mühendislik yetenekleri gerektiren bu yapılar, inşaat sektörünün teknolojik ve ekonomik önceliklerini gösteren önemli tasarımlardır.

Bulunduğu dönemde benzerleri arasından form, taşıyıcı sistem veya herhangi bir yönüyle farklılaşan bulunduğu çağın ötesinde olan yapılara mega yapılar denir.

Dünyadaki tüm yapılar arasında en az bir özelliğiyle diğerlerinden önde olan yapılardır.

Dönemin gereksinimlerine, kimi zaman kimlik veya farkındalık katmak amacı ile ileri teknoloji olanaklarıyla kendi türündeki diğer yapıları geride bırakacak yapı elemanlarını içinde barındıran yapılardır.

İnsan eliyle yapılmış, mimarinin ve teknolojinin bilinen sınırlarını zorlayan ve o güne kadar en az bir yönüyle rekor kırmış yapılardır.

Mega yapılar tipik olarak geleneksel inşaat projelerinin ölçeğinin ötesinde olan büyük ve karmaşık yapıları veya sistemleri ifade etmektedirler. Bu projeler genellikle çeşitli zorlukların üstesinden gelmek için çığır açan mühendislik ve teknolojik ilerlemeleri içermektedir.

Mega yapılar, köprü, gökdelen, kule, tapınak, çadır, stadyum, kanal veya birçok farklı fonksiyonda karşımıza çıkmaktadır.

Anıtsal veya ikonik yapılar olarak da bilinen mega yapılar, mühendislik ve inşaat olanaklarını yeniden tanımlayan mimari tasarımlardır.

Antik dünyadan beri var olan ilk mega yapılar Dünya'nın Yedi Harikası olarak isimlendirilmiştir. Bu yapıların tamamı insanoğlu tarafından inşa edilmiş olup antik ve mega yapılardır. Bu yapılar, bulunduğu lokasyondaki uygarlıkların gücünü ve ihtişamını sergilen yapılardır. Antik dünyanın yedi harikası, Keops Piramidi, Babil'in Asma Bahçeleri, Zeus Heykeli, Artemis Tapınağı, Halikarnas Mozolesi, Rodos Heykeli, İskenderiye Feneri'dir.

Mısır'da bulunan Keops Piramidi (Şekil 2.1), bugün hala ayakta kalan tek harikadır. Firavun Khufu için bir mezar olarak inşa edilmiştir ve Giza kompleksindeki üç piramidin en büyüğüdür. Yapı, uzun yıllar dünyanın en yüksek binası ünvanını elinde tutmuştur (Dünyanın 7 harikası, 2016).



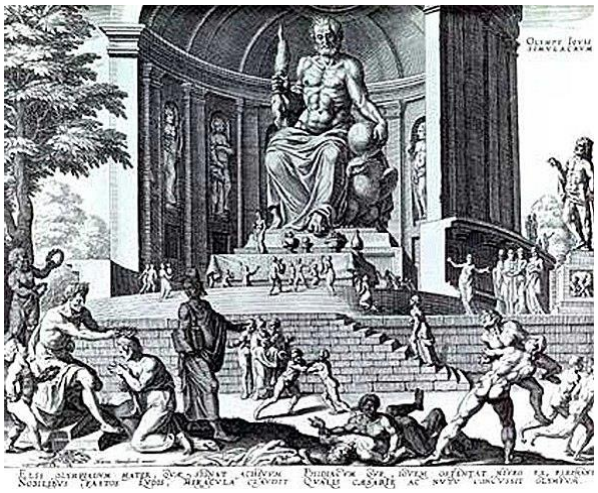
Şekil 2.1 Keops Piramidi (Bizsiziz, 2020)

Bugünkü Irak'ta bulunduğu düşünülen Babil'in Asma Bahçeleri'nin (Şekil 2.2), dönemin kralı II. Nebuchadnezzar tarafından yaptırıldığına inanılmaktadır. Yapının yatay dağ üzerine teras katlar yapıldığı ve katların üzerinde de bahçelerin tasarlandığı düşünülmektedir (Dünyanın 7 harikası, 2016).



Şekil 2.2Babil'in Asma Bahçeleri (Arkeofili, 2020)

M.Ö. 5.yüzyılda Yunanistan'ın Olympia kentinde, Olimpik Oyunları'nın karşılaması sırasında Fidias tarafından Zeus Heykeli (Şekil 2.3)yapılmıştır. Heykel, tapınağının içinde tasarlanmıştır ve yapımında altın ile fildişi kullanılmıştır. Heykelin uzunluğu 13 metredir (Dünyanın 7 harikası, 2016).



Şekil 2.3 Zeus Heykeli (Vargün, 2022)

Günümüz Türkiye'sinde bulunan Artemis Tapınağı (Şekil 2.4)Efes kentinde yaşayanlar tarafından yapılmıştır. Efesliler, bereket tanrıçası olan Artemis'e tapmaktaydı. Toplamda 3kez yapılan tapınak tamamen mermerden yapılmıştır.Tapınak, 130 metre uzunluk, 80 metre genişlik ve 30 metre yükseklikten

oluşmaktaydı. Yapıda, 120 adet mermer işlemeli sütun tasarlanmıştır (Dünyanın 7 harikası, 2016).



Şekil 2.4 Artemis Tapınağı (Orangesmile, b.t.)

Günümüzün Bodrum Türkiye'sinde yapılmış olan anıt mezar (Şekil 2.5), Halikarnas'ın kralı Mausoleum adına yaptırılmıştır. Anıtın temeli büyükkütleli kayalardan oluşmaktadır. Anıtın genişiliği 150 metre civarı idi. 37 adet sütun çatıyı taşımaktaydı. Yapının çatısı piramit şeklinde ve bütün olarak yapı 45 metre uzunluğundadır (Dünyanın 7 harikası, 2016).



Şekil 2.5 Halikarnas Mozolesi (Orangesmile, b.t.)

Rodos Heykeli'nin (Şekil 2.6) demir bir iskelet üzerin bronz plakaların konulmasıyla tasarlandığı düşünülmektedir. Heykel, Güneş Tanrısı Helios adına yaptırılmıştır. Heykelin 60 metre yükseklikte olduğuna inanılmaktadır (Dünyanın 7 harikası, 2016).



Şekil 2.6 Rodos Heykeli (Tzv, 2020)

Mısır'da bulunan İskenderiye Feneri(Şekil 2.7), Pharos adasında yapılmıştır. 117 metre yükseklikte Zeus'u simgeleyen bir heykel olduğu düşünülmektedir. İskenderiye feneri, limana giren gemiler için bir fener görevi gördüğü düşünülmektedir(Dünyanın 7 harikası, 2016).



Şekil 2.7İskenderiye Feneri(Shaltout, Tonbol ve Omstedt, 2015)

Antik dünyanın yanı sıra geçmişten günümüze kadar mühendislik sınırlarını zorlayan birçok süper yapı tasarlanmıştır. Modern zamanlarda mega yapılar, şehir manzaraları ile eşanlamlı hale gelmiştir ve şehirleri ikonik destinasyonlara dönüştürmüştür. Mega yapılar, ülkeler ve şehirler için ilerleme ve ekonomik refahı simgeleyen mühendislik sınırlarını yeniden tanımlamıştır. Bu yapılar büyük miktarlarda kaynak ve ileri teknoloji içeren ve genellikle yenilikçi mühendislik ve mimari çözümler gerektiren büyük ölçekli yapılar ve projelerdir. Mega yapılar; gökdelen, baraj, köprü, kanal, stadyum, dini yapılar, çadır gibi birçok fonksiyonda karşımıza çıkabilmektedir. Bu örneklerden bazıları aşağıda anlatılmıştır:

Pantheon (Şekil 2.8), Roma'da bulunmaktadır ve M.Ö. 118-128 yıllarında arasında yapılmıştır. Yapı, 43,2 metre çapındadır. Yığma bir silindir duvar üzerine oturan yarım küresel kubbenin ağırlığını azaltmak için birtakım boşaltmalar yapılarak kaburgalar oluşturulmuştur (Türkçü,2017).



Şekil 2.8 Pantheon (Smarthistory, 2015)

Floransa Katedrali Kubbesi (Şekil 2.9), İtalya'nın Floransa kentinde bulunmaktadır ve Brunelleschi tarafından tasarlanmıştır. Kubbe sekizgen şeklindedir ve 45 metrelik bir açıklığı geçmektedir. Brunelleschi, yeni inşaat teknikleri oluşturarak iç ve dış katmana sahip çift kabuklu bir kubbe tasarlamıştır. Kubbe, yatay ve dikey tuğlaları bir arada tutarak iskelesiz bir şekilde tasarlanmıştır (En Büyük Dizaynlar-Kubbe, 2015).



Şekil 2.9 Floransa Katedrali (Arkeofili, 2022)

İstanbul'da bulunan Ayasofya (Şekil 2.10) M.S. 537 yıllarında katedral olarak tasarlanmıştır. Yapıldığı dönemde Bizans İmparatorluğu'nun en büyük klisesidir (Antik Mega Yapılar- Ayasofya, 2015).Küresel basık kubbe olarak tasarlanan yapıda, kubbenin çapı 32,5 metre iken yüksekliği 54,7 metredir (Türkçü, 2017).



Şekil 2.10 Ayasofya (Arkeofili, 2020)

Panama Kanalı'nın (Şekil 2.11) inşasına 1882 yılında başlanmıştır, ilk gemi 1914 yılında kanaldan geçmeyi başarmıştır. Kanal Pasifik Okyanusu'ndan Atlantik Okyanusu'na geçişi 2 hafta gibi bir süreden 10 saate düşürmektedir. Kanal projesi82 km suyolu, 3 havuz ve 1 büyük gölden oluşmaktadır. Proje, dünya üzerindeki en büyük ve en geniş toprak kaldırma operasyonuna sahip olması ile bir mega yapıdır (Extreme Engineering, 2015).



Şekil 2.11 Panama Kanalı (Freightwaves, 2021)

Amundsen-Scott Güney Kutbu İstasyonu (Şekil 2.12), Antarktika Güney Kutbu'nda bulunan bilimsel bir araştırma istasyonudur. İstasyon, deniz seviyesinden 2.835 metre yükseklikte ve dünyanın en güney noktasında yer almaktadır. Tesis, 15

bin metrekareden oluşmaktadır ve dünyanın en gelişmiş araştırma merkezlerinden biridir. Merkez, gök gözlemi için oldukça önemli bir lokasyonda yer almaktadır (Mega Structures,2015).



Şekil 2.12 Amundsen-Scott Güney Kutbu İstasyonu(ERDC,2017)

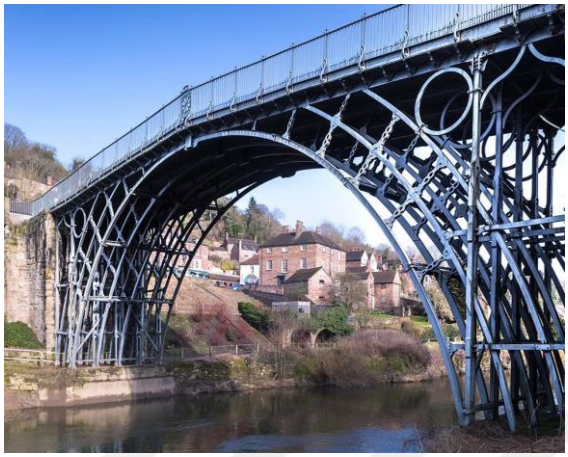
Petra Antik Kenti yaklaşık 20 yüzyıl öncesinde kayaların içinde inşa edilmiştir. Ürdün'de bulunan kent, tiyatro, mezarlar, tapınaklar ve konutlardan oluşmaktadır. Kentin girişinde bulunan ve El Hazne (Şekil 2.13) olarak adlandırılan yapı, 39 metre yüksekliğindedir ve kayanın oyulması ile elde edilen bir mega yapıdır (Antik Mega Yapılar- Petra, 2015).



Şekil 2.13 El Hazne (Turna, b.t.)

Iron Bridge (Şekil 2.14), 1779 yılında İngiltere, Coalbrrokdale'da Abraham Darby ve John Wilkinson tarafından yapılmıştır. Dünyada tamamen dökme demirden yapılan ilk köprü olması ile bir mega yapıdır (Turna, 2000: 55). Köprü, beşik kemer

olarak tasarlanmıştır ve yan yana gelen 5 demir kemerden oluşmaktadır. Her bir kemer 21,50 metrelik iki parça halinde üretilmiştir (Türkçü, 2017).



Şekil 2.14 Iron Bridge (English-heritage, b.t.)

Golden Gate Köprüsü (Şekil 2.15), San Fransico'yu Marin County'ye bağlayan 2,7 km uzunluğunda bir köprüdür. Köprü, 1937 yılında yapılmıştır ve 20 yılı aşkın süredir dünyanın en uzun asma köprüsü ünvanı ile bir mega yapıdır. Köprü, denizden 227 metre yüksekliğinde 1280 metre uzunluğundadır (Turna, 2000: 184).



Şekil 2.15Golden Gate Köprüsü (History, 2019)

1915 Çanakkale Köprüsü (Şekil 2.16), 2022 yılında tamamlanmıştır. 6 şeritli yol bloklarından oluşan köprünün toplamda 2 kulesi bulunmaktadır. 2 kulesi bulunan köprüde, kule yükseklikleri 334 metredir. Dünyanın en uzun orta açıklık geçen asma köprüsüdür. Yapının orta açıklığı, 2,023 metredir(Türkiye'nin Dev Yapıları, 2022).



Şekil 2.16 1915 Çanakkale Köprüsü (Dezeen, 2022)

Şanlıurfa, Türkiye'de bulunan Göbeklitepe (Şekil 2.17), ulaşılabilen en eski tapınak kompleksi olarak kabul edilmektedir (Eser, 2020). Bir yerleşim alanı olarak kullanılmayan yalnızca dinsel amaçlara hizmet eden bu yerde, birden fazla tapınak olduğu bulunmuştur. Bu sebeple de Göbeklitepe, sadece dünyanın en eski değil, aynı zamanda da en büyük tapınma merkezi olarak kabul edilmiştir. Tüm bu bölgenin Neolitik Çağ'ın inanç merkezi olduğu düşünülmektedir. Günümüze kadar 6 tanesi gün yüzüne çıkarılsa da toplam sayılarının 20'yi bulduğu ölçümlerle ortaya çıkmıştır (Ktb, b.t.).



Şekil 2.17 Göbeklitetepe (Ktb, b.t.)

Millau Viyadüğü (Şekil 2.18), Fransa'da bulunan bir asma köprüdür. Yapımı 2004'te tamamlanmıştır. Toplam uzunluğı 2,5 km olan yapı, vadiden 270 metre yükseklikte tasarlanmıştr ve pilonların yükseklikleri 340 metredir. Yapı toplamda sekiz pilondan oluşmakta ve bu direklerden gelen kablolar ile desteklenmektedir (Parkyn, 2004).



Şekil 2.18 Millau Viyadüğü (Arkitektuel, 2018)

Wembley Stadyumu (Şekil 2.19) inşası 2006 yılında tamamlanmıştır. Yapı, Londra'da Foster & Partners ve HOK Sports tarafından tasarlanmıştır (Superstructures, Neil Parkyn, 2004). Stadyum'da dünya üzerindeki en büyük yekpare kemer tasarlanmıştır ve kemerin çapı 7,4 metre genişliğindedir. Yapının çatısı, yerden 133 metre yükseklikte olup alçaktan uçak uçaklar için işaret ışıklarına sahip olan tek stadyumdur (Wembley Stadyumu-Yüzyılın Atılımları, 2016).



Şekil 2.19 Webley Stadyumu (Foster+Partners., b.t.)

Petronas Kuleleri (Şekil 2.20) Malezya'nın Kuala Lumpur şehrinde bulunmaktadır. Kulelerin yapımına 1993'te başlanmış ve 1999 yılında yapı, kullanıma açılmıştır. Kuleler dünyanın en yüksek gökyüzü köprüsüne sahiptir ve 452 metre ile döneminin en yüksek binası ünvanını almıştır (Man Made Mervels Buildings By Design, 2015).



Şekil 2.20 Petronas Kuleleri (Skyscaper, b.t.)

Burj Khalifa (Şekil 2.21), SOM tarafından Dubai'de tasarlanmıştır. 2010 yılında tamamlanan yapı, 828 metre ile dünyanın en yüksek gökdelenidir (Som, b.t.). Aynı zamanda gökdelen, 163 kat ile en yüksek kat sayısı ve en uzun asansör seyahat mesafesi rekorlarını da elinde tutan bir mega yapıdır (En Büyük Dizaynlar-Gökdelen,2015).



Şekil 2.21 Burj Khalifa (Burjkhalifa, b.t.)

Han Çadırı (Şekil 2.22) Astana, Kazakistan'da bulunmaktadır ve 2010 yılında tamamlanmıştır. Yapı, dünyanın en büyük çadırı ünvanına sahiptir. Çadır'da park, alışveriş alanları, su parkı, sinema ve restoranlar bulunmaktadır. Yapı, ETFE ile kaplanmıştır. Bu şekilde yapının olumsuz hava şartlarından korunması sağlanırken, doğal ışığın içeri girmesine izin verilmiştir (Mega Yapılar Dünyanın En Büyük Çadırı, 2013).



Şekil 2.22 Dünyanın En Büyük Çadırı (Dezeen, 2010)

Bu süper yapılar tasarlanırken çoğu zaman farklı stratejiler ve metotlar izlenmiştir. Bu tez kapsamında tasarım metodu olarak doğadan esinlenme yani biyotaklit ele alınmaktadır.

Doğada, malzeme,enerji korunumu, hafiflik ve bu hafifliğe rağmen dayanıklılık gibi sorunların önceden çözülmüş olması,mega yapıların karmaşıklığını çözebilmek için kusursuz bir kaynaktır. Mega yapılarda aranan en büyük özelliklerden biri de uzun ömürlü olmasıdır. Doğadaki değişimlere ve adaptasyonlara uzun yıllarca dayanabilmesi için mega yapıların çevresiyle uyumlu olması şarttır. Bu uyumu yakalayabilmek için mimarların ve mühendislerin araştırması gereken bir kaynak olarak doğa, bu tezin önermesidir. Bu tezde doğadan ilham alınarak formu, fonksyionu ve strüktürü oluşturulan mega yapılar detaylı bir şekilde yeni bir sınıflandırma önerisi ile incelenmektedir.

BÖLÜM ÜÇ
BİYOTAKLİT (DOĞADAN ESİNLENME)

Biyomimikri, 3,8 milyar yıllık bir araştırma ve geliştirme döneminden yararlanan bir fikir kaynağından öğrenmeyi içermektedir. Bu kaynak, dünyada yaşayan çok çeşitli türlerdir ve evrimsel başarı hikâyelerini temsil etmektedir. Biyomimikri, biyolojik zorlukların çözülme biçiminden ilham alan bir tasarım yöntemidir (Pawlyn, 2016).

Biyotaklit tasarım yöntemine göre, günümüzde ve daha öncesinde insanoğlunun karşılaştığı sorunlara doğa çoktan çözüm bulmuştur. Çevresel sorunlar, nüfus kaynaklı sorunlar ve ekonomik sorunlar gibi çözüm gereken durumlar tasarımcıları çözüm bulmak için biyotaklit tasarım yöntemine, yani doğaya geri dönmeye itmektedir.

3. 1Biyotaklit Nedir?

Biyotaklit: Yunancadan gelen bir kelimedir; bios, hayat ve mimesis, taklit etmek anlamına gelmektedir (Benyus, 1997). Biyomimetik kavramı ilk olarak 1950 yılında Amerikalı mühendis Otto Schmidt tarafından kullanılmıştır. Schmidt'e göre biyotaklit, insanlığın problemlerine doğanın stratejilerini inceleyerek çözüm arayan bir tasarım yöntemidir(Vincent,Bogatyreva, Bogatyrev,BowyervePahl, 2006). Biyomimetik ve biyotaklit arasında oluşan farklılık, biyotaklit kavramının bir tasarım yöntemi olması ikenbiyomimetik kavramının bu yöntemin uygulanmasını sağlayanaraç olmasından kaynaklanmaktadır (Kuday,2009).

Biyotaklit,günümüzde yaşayan türlerin kullandığı stratejilerden öğrenen ve onları taklit eden bir yöntemdir. Milyarlarca yıldan süregelen araştırma ve deneyimlerden sonra tüm başarısızlıkların fosil olduğu gözlemlenmiştir ve geriye kalanlar canlı kalabilmenin sırrını elinde tutmaktadırlar. Amaç, yaşanılan büyük tasarım zorluklarını sürdürülebilir bir şekilde ve dünyadaki tüm yaşamla dayanışma içinde çözen ürünler, süreçler, sistemler ve yeni yaşam biçimleri ortaya koymaktır(Biomimicry, b.t.).

Biyomimikri kavramı ilk kez biyoloji bilimleri yazarı Janine Benyus'un 1997 yılında yayımlanan "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature kitabı ile somutlaştırılmıştır. Yazara göre doğa, 3,8 milyar yıllık araştırmalar sonucunda neyin işlediğini, neyin uygun olduğunu ve en önemlisi neyin dünya üzerinde bozulmadan kalacağını öğrenmiştir (Benyus, 1997).

Benyus'a göre, doğada insanoğlunun çözmeye çalıştığı birçok sorun çözülmüş durumdadır. Önemli olan insanların aradıkları çözüm için doğaya bakmalarıdır (Benyus, 1997). Biyotaklit doğanın oluşturduğu iyi tasarımları inceleyip, insanlığın sorunlarını çözmek için bu tasarımları ve süreçleri takip etmektir (Arslan, Sorguc, 2004).

Julian Vincent, biyotaklit kavramını doğaya dayalı iyi tasarımın uygulanması olarak tanımlarken, Janine Benyus, doğanın dehasının bilinçli öykünmesi olarak tanımlamaktadır(Pawlyn,2016).

3. 2. Biyotaklit Tasarım Yönteminin Tarihçesi

"Biyomimikri" terimi ilk kez 1962'de bilimsel literatürde yer almıştır ve özellikle 1980'lerde malzeme bilimcileri arasında kullanımı artmıştır. "Biyomimikri" teriminden önce, ilk olarak 1950'lerde Otto Schmitt tarafından kullanılan "biyomimetik" ve 1960 yılında Jack Steele tarafından icat edilen "bionics" gelmektedir. Biyoloji bilimleri yazarı Janine Benyus, Biyoloji Profesörü Steven Vogel ve Biyomimetik Profesörü Julian Vincent gibi etkili bilim adamlarının kullanımı ile biyomimikri kavramının popülerliği artmıştır. Julian Vincent, disiplini 'doğaya dayalı iyi tasarımın uygulanması' olarak tanımlarken, Janine Benyus'a göre 'doğanın dehasının bilinçli öykünmesi'dir (Pawlyn, 2016).

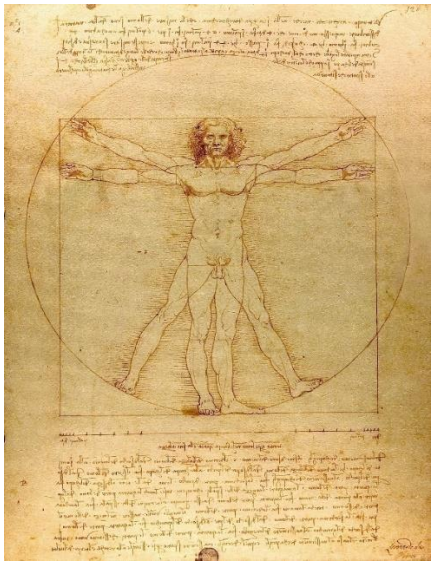
İnsanoğlu bilinçli ya da bilinçsiz olarak her zaman çevreden gördüklerini taklit etmiş ve bu bilgiler doğrultusunda ihtiyaçlarında kullanmışlardır. Biyotaklit alanındaki önemli noktalar bir tarih çizelgesine oturtulursa, şöyle bir çizelge oluşmaktadır (Şekil 3.1):

1452-1519	1545-1598	1867-1948	1957	1960	1997	1940's	2001-Günümüze
Leonardo Da Vinci'nin bir kuştan esinlenerek 'Uçan Makine' yapma fikri	General Yi Sun-Sin, bir işgal sırasında Japon akıncılarıyla savaşmak için kaplumbağadan ilham alan bir Savaş Gemisi" geliştirdi.	Wright Kardeşler, Power Air uçağını kartal kanatlarından esinlenerek yaptılar. (1903'te ilk İnsan uçuşu)	Schmitt, Biyomimetik terimini ilk kullanan kişiydi ve biyoloji ve teknoloji için bir dönüm noktası ilan etti.	NASA'dan Jack E. Steele, 1960 yılında Bionics terimini ortaya attı.	Janine M. Benyus, yeni teknolojik gelişme çağına giden yolu gösteren bir Biyomimikri kitabı yayınladı.	George de Mastral, Pıtrak bitkisinin tutunma özelliğinden esinlenerek Velcro Elemanlarını geliştirdi.	Mikroorganizmaların farklı yönlerinden, doğadan türetilen güvenilir alternatifler olarak ortaya çıkan insan dostu biyo-bazlı birkaç ürün geliştirmek için yararlanılmaktadır.

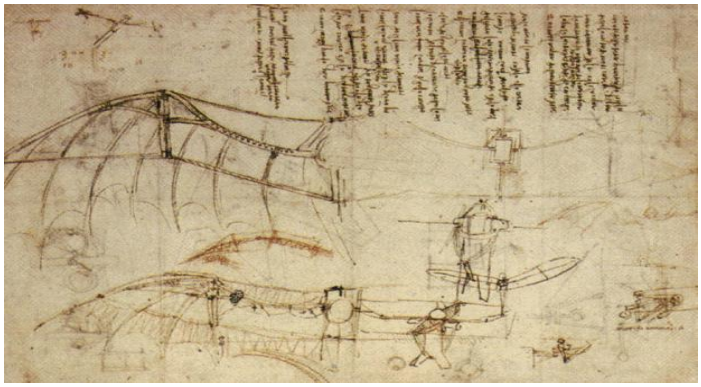
Şekil 3.1Biyotaklit Kavramının Tarihi Çizelgesi (Gaur, Sharma ve Singhal,2018)

Biyotaklit tasarım yönteminin en önemli savunucularından biri Rönesans döneminde yaşamış olan Leonardo da Vinci'dir. Leonardo da Vinci'ye göre, insan yapımı hiç bir tasarım doğanın yaptıklarından daha basit ve güzel olmayacaktır. Çünkü doğanın tasarım şeklinde herhangi birşey fazla ya da eksik olmamıştır. (Edwards, 2005). Da Vinci, doğanın en önemli gözlemcilerinden biridir. Leonardo tarafından tasarlanan makinelerin çoğu, bilimsel deneylerinin görsel veya materyal biçimlerinden başka bir şey değildir(Edwards, 2005).

Da Vinci eserlerini tasarlarken doğadanesinlenmiştir.Çalışmalarındaki başarısını doğadan aldığı düşünülen sanatçı, bir eserini tasarlamadan önce anatomik çalışmalar da yaparak doğayı gözlemlemektedir (Kuday,2009). Leonardo da Vinci'nin eskiz defterlerinden, insan vücudunu (Şekil 3.2),insan kafataslarını ve kuşların kanat şekilleriniyakından incelediğibilinmektedir (Pawlyn, 2016). Kuşlardan ilham alarak bir uçan makine(Şekil 3.3) tasarlamıştır.

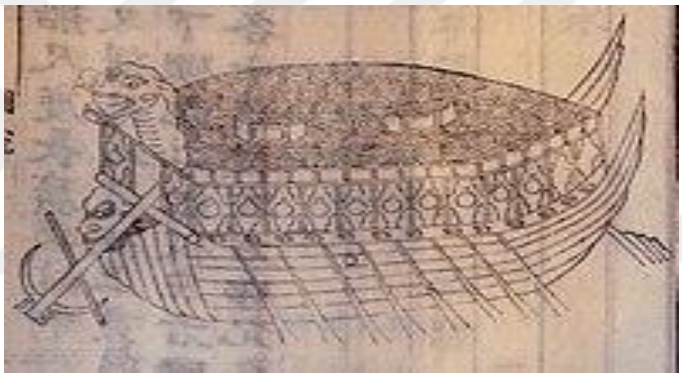


Şekil 3.2 İnsan Vücudu (Posta, 2018)



Şekil 3.3 Leonardo Da Vinci'nin Uçan Makine Eskizi (Muhendisol,2016)

General Yi Sun-Sin, işgal sırasında Japon akıncılarıyla savaşmak için kaplumbağadan ilham alan bir savaş gemisi (Şekil 3.4) geliştirmiştir.



Şekil 3.4 Kaplumbağa Savaş Gemisi(Korelimited, 2021)

1900'lü yıllarda Wright Brothers kartalları inceleyerek uçak (Şekil 3.5) yapımına başlamışlardır. İlk başarılı uçuşlarını 1903'te gerçekleştirmişlerdir.



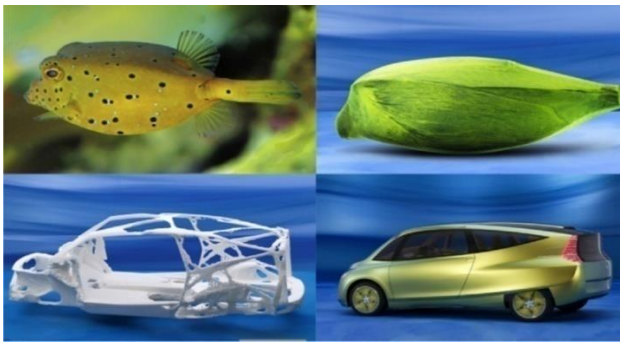
Şekil 3.5 Wright Brothers ve Uçak (Bilimgenc, 2019)

Bu tarihi çizelgenin sonrasından günümüze kadar da biyotaklit tasarım yöntemi ile yapılan tasarımlar devam etmektedir. 1940'lı yıllarda, George de Mestral, pantolonuna ve köpeğinin tüylerine pıtrak bitkilerinin takıdığınıfarketmiştir. Bu bitkileri mikroskopla inceleyince küçük çengellerden oluşan yapısını farketmiştir. Sonrasında bu araştırmadan esinlenerek Velcro (Şekil 3.6) adı verilen cırt cırtlı bant diye de bilinen ürünün tasarımını yapmıştır (Yuran ve Taşgetiren, 2010).



Şekil 3.6 Pıtrak Bitkisi ve Cırt Cırtlı Bant (Sites.psu,2015)

Biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan diğer örneklere göz atacak olursak, Daimler Chrysler biyonik aracını (Şekil 3.7) tasarlarken kutubalığı olarak bilinen balıktan ilham almıştır. Bu tasarımla, araba daha büyük hacimli ve küçük tekerlek mesafeli olmuştur. Aynı zamanda yakıt kullanımı ve malzeme açısından daha verimlidir (Cüce, Cüce, Sher ve Neighbour, 2017).



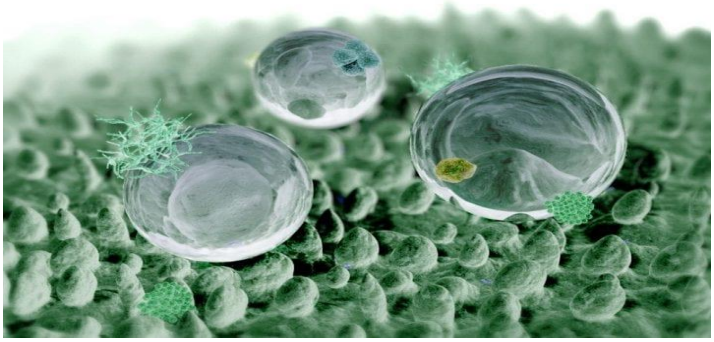
Şekil 3.7 Daimler Chrysler Biyonik Araç ve Kutubalığı (Abdel-Rahman,2021)

Yüzücü kıyafetleri(Şekil 3.8), köpekbalıklarının deri yapıları incelenerek yapılmıştır. Köpekbalıklarının derilerinde küçük plaklar vardır. Bu sayede daha hızlı yüzebilmektedirler (Öztürk,2015).



Şekil 3. 8Köpekbalığı Derisi (Feld,vd. , 2019) ve Yüzücü Mayosu (Sciencehistory, 2017)

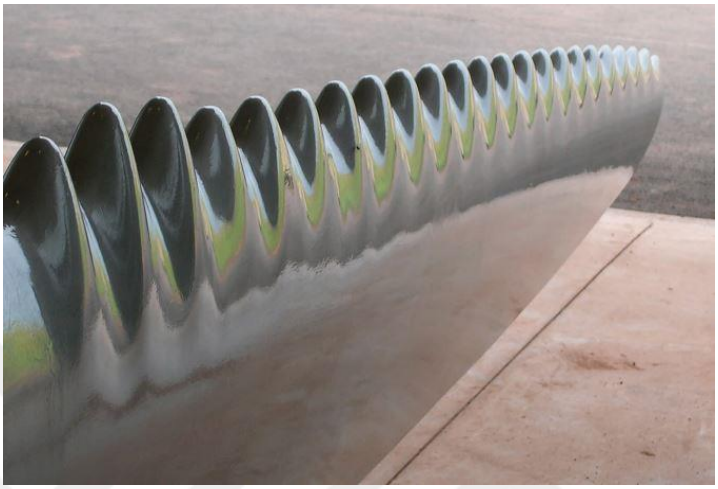
Çamurlu ve durgun suda büyümesine rağmen lotus bitkisi yapraklarının her zaman temiz olduğunun gözlemlenmiştir. Lotus bitkisi (Şekil 3.9) incelendiğinde yaprak yüzeyinin sivri ve çok sık bir yüzeye sahip olduğu görülmüştür. Yapraklara toz konduğunda yüzeyinde bulunan sivrilikler sayesinde yüzeyi toz tutmamakta ve yağış olduğunda su damlaları da aynı şekilde yüzeyde duramayıp kaymaktadır. Lotus bitkisinden esinlenilerek kendi kendini temizleyen yüzeyler için boya üretimine başlanmıştır (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyerve Pahl, 2006).



Şekil 3.9 Lotus Bitkisi (Asknature,2020)

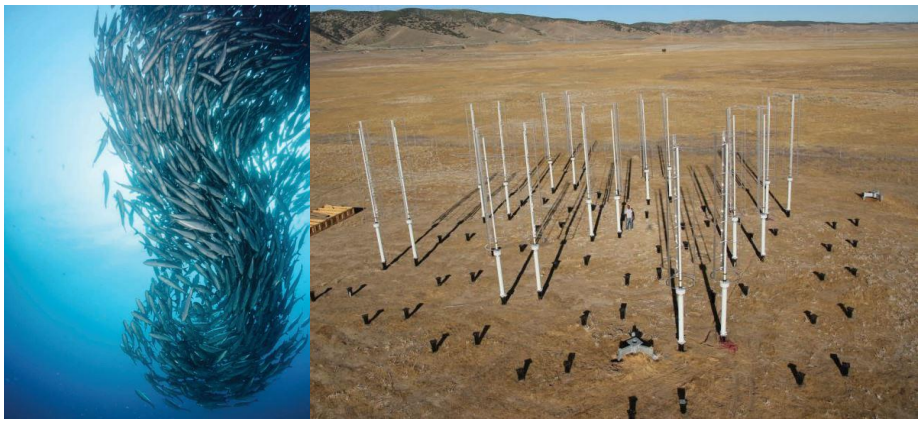
Bir deniz biyoloğu tarafından geliştirilen yeni bir rüzgâr türbini kanadı formu, kambur balinaların yüzgeçlerindeki çıkıntılardan esinlenmiştir (Şekil 3.10). Kanatların önündeki çıkıntılar, daha fazla kaldırma kuvveti oluşturan ve balinanın düşük manevra kabiliyetini korumasına izin veren girdapları tetiklemektedir. Tasarımcılar, düşük hızlarda çalışmayı sürdürecek bir rüzgâr türbini üretmek için bu

tasarım fikrini kullanmaktadır. Tüm rüzgâr türbinleri asgari bir çalışma hızına sahiptir; bunun altında dönmeyi durdurmaktadırlar ve ancak rüzgâr hızı türbinin ataletini yenecek kadar arttığında yeniden başlamaktadırlar. Bu tasarım sayesinde, rüzgâr türbinindeki bu sorunlar ortadan kalkmaktadır (Pawlyn, 2016).



Şekil 3.10 Kambur Balina(Pawlyn, 2016)

California Teknoloji Enstitüsü'ndeki bilim adamları, sürüler halinde yüzen balıkların, önlerindeki diğer balıklar tarafından yaratılan girdapların kullanımını optimize etmek için nasıl evrimleştiğini araştırmışlardır (Şekil 3.11). Bilim adamları, aynı ilkeleri dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin bir saha denemesine uygulamışlardır ve birim arazi alanı başına çok daha fazla enerjinin rüzgârdan alınabileceğini bulmuşlardır (Pawlyn, 2016).



Şekil 3.11 Sürüler Halinde Yüzen Balıklar ve Rüzgâr Türbin Yerleşimleri (Pawlyn,2016)

Rüzgâr türbinleri (Şekil 3.12) tasarımında rüzgârı maksimum verimle kullanabilmek için iyileştirme yapılmasına karar verilmiştir. Bu iyileştirme sonucu ortaya çıkan ürüne PowerCone ismi verilmiştir. PowerCone, türbinin dış kısımlarına daha fazla akış yönlendirirken sızıntıyı gidermek için gelen rüzgârı kanatlara yönlendiren bir türbin iyileştirmesidir. Bu çalışma için yalıçapkını kuşu ve akçaağaç tohumundan ilham alınmıştır. Yalıçapkınınıngagası, sudadalgalanma oluşturarak kuşun dalmasını sağlar ve sıvıyı kendi etrafında kesin bir hızda hareket ettirimeyi başarmaktadır. PowerCone, rüzgârı merkezi kök bölümünden kanadın dış radyal açıklıklarına yönlendirerek ve yüzeyine kanalize ederek bu prensiplerden yararlanmaktadır (Asknature, b.t.).

Bir akçaağaç tohumu yere düşerken, koni açısını izleyerek havada en az dirençle hareket etmektedir. Bu durum, akçaağaç tohumunun, gelen akışa belirli bir keskin açıyla girmesi ve türbülanslı havayla başa çıkmasına olanak tanımaktadır. PowerCone'un kanatları, tohumun yapısındanilham almıştır. Bu şekilde gelen rüzgârı emer ve yükleri azaltmaktadır. Bu geometri aynı zamanda PowerCone'un rüzgâr türbininin kanatlarını sararak kanat üzerindeki etkin akış hızını artırmasına olanak tanımaktadır (Asknature, b.t.).



Şekil 3.12Yalıçapkını Kuşu (Biome-Renewables, b.t.), Tohumun Yere Düşerkenki Serbest Uçuş Hareketi (Ask Nature, 2020) ve PowerCone (Biome-Renewables,b.t.)

Mavi morfo kelebekleri (Şekil 3.13), kanatlarında parlak mavi rengi oluşturmak için pigment kullanmamaktadırlar. Bunun yerine kanatları, kanat yüzeyine çarpan ışık dalgalarının kırılmasına ve birbiriyle karışmasına neden olan katmanlı bir mikro

yapıya sahiptir, böylece renkler mavi yoğunlaşıp yansımaktadırlar. Cypris Materials isimli firma, mavi morfo kelebeğinden esinlenerek, yapısal renkle oluşan kaplama malzemeleri geliştirmiştir. Malzemeler, bir yüzeye uygulandığında, kızılötesi ışığı yansıtarak renkler oluşturmaktadırlar.



Şekil 3.13 Morpho Kelebeği (Pawlyn,2016)

Tüm tasarımları etkileyen biyotaklit kavramı mimarlıkta da geçmişten günümüze oldukça soruna çözüm kaynağı olabilmiştir.

3.3 Mimarlıkta Biyotaklit

Antik Yunan'dan beri eleştirmenler ve filozoflar, uyumlu, dengeli ve mükemmel oran modellerini sunan doğal organizmaları incelemişlerdir(Steadman, 2008). Mimarlarsık sık doğadan ilham almıştır. İnsan yapımı çevrenin artık küresel ekosistemin önemli bir parçası olması ve insan ile doğanın inşaat için aynı kaynakları paylaşması durumunda, mimarinin doğanın bir parçası olduğu söylenebilmektedir **(**Frazer, 1995).

Mimarlık tarihinin başlangıcından beri, doğadan esinlenme çabası var olmaktadır. İlk çağlardan beri insanlar, hayatlarını sürdürebilmek ve doğanın yıkıcı etkilerinden korunabilmek için barınma ihtiyaçlarını gidermek zorunda kalmışlardır. Barınma ihtiyacını gidermek için insanlar doğayı gözlemlemişlerdir. Doğayı bir tasarımcı olarak ele alırsak, doğanın da mimarların da bir tasarımı yaparken ki amacı;

tasarlanan yapıyı en az kayıpla ve en verimli şekilde üretmektir. Bu kayıp doğa için enerji ve malzeme, insan için paradır.

Doğada gözlemlenen tasarımlar, insan yapımı tasarımlardan farklı olmasına rağmen; enerji korunumu, hafiflik ve bu hafifliğe dayanıklılığı gibi özellikleriyle pek çok mimara esin kaynağı olmaktadır (Selçuk ve Sorguç, 2007).

Mimarlar doğadaki organizmaların yapılarını inceleyerek tasarımlar geliştirmeye başlamışlardır. Böylece yapılar estetik olarak daha farklı ve malzeme kullanımı açısından daha sürdürülebilir olup çevreye duyarlı hale gelmeye başlamaktadır. Bu gelişmelerin sonucunda, işlevlerini daha iyi yerine getiren, çevreye daha az zarar veren binalar elde edilebilir.

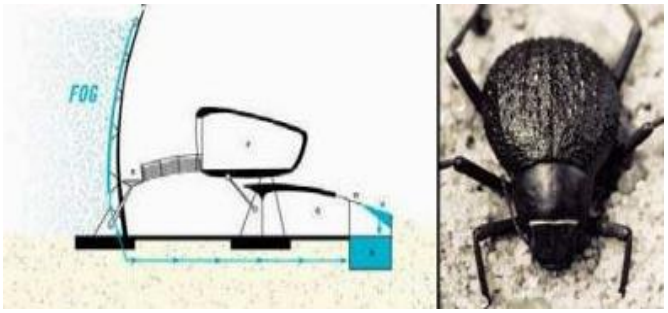
3. 4Mimarlıkta Biyotaklit Tasarım Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Biyotaklit tasarım yöntemi ile ilgili literatür çalışması yapılmış ve farklı sınıflandırmalar ortaya çıkmıştır. 2007 yılında M. Pedersen Zari, Yeni Zelanda'daki Victoria Üniversitesi'nde yaptığı çalışmalar sonucu, organizma, davranış ve ekosistem olarak isimlendirilen üç biyotaklit düzeyi olduğunu belirtmiştir.

Organizma düzeyi: Canlı organizma türleri milyonlarca yıldır evrim geçirmektedir. Organizmalar, zaman içinde sürekli değişikliklere uyum sağlayan hayatta kalma mekanizmalarına sahiptirler. Bu nedenle, organizmalar hâlihazırda ele almış olabileceği, genellikle enerji ve materyallerin etkili yollarıyla, yaşanılan sorunları çözmek için kapsamlı bir örnek havuzuna sahiptirler (Zari,2007).

Bir örnek, Namibya çöl böceğinin (Şekil 3.14) taklit edilmesidir. Böcek, oldukça az düzeyde yağış alan bir çölde yaşamaktadır. Bununla birlikte, vücudunu rüzgâra doğru eğerek çöl üzerinde hareket eden sisten nemi yakalayabilir. Böceğin sırt ve kanatlarının hidrofilik-hidrofobik pürüzlü yüzeylerinde damlacıklar oluşur ve bu su damlaları böceğin ağzına doğru yuvarlanmaktadır. KSS Architects'ten Matthew Parkes, Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi için önerdiği sis yakalayıcı

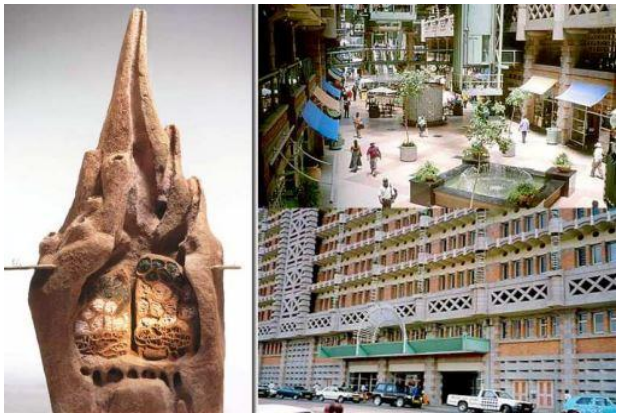
tasarımıyla böcekten ilham alan organizma düzeyinde süreci göstermektedir (Zari,2007).



Şekil 3. 14Sis Yakalayıcı Sistem ve Böcek (Zari,2007)

Davranış düzeyi: Çok sayıda organizma, insanlarla aynı çevresel koşullarla karşılaşmakta ve insanların karşılaştığı benzer sorunları çözmektedirler. Bu organizmalar, belirli bir yerin çevresel taşıma kapasitesi, enerji ve malzeme mevcudiyeti sınırları dâhilinde faaliyet gösterme eğilimindedir. Ekosistemlerde, adaptasyonları yaratan bu sınırlar ve baskılar, yalnızca iyi adapte olmuş organizmaların gelişmeye devam etmesi değil, aynı zamanda iyi adapte olmuş organizma davranışları ve organizmalar ile türler arasındaki ilişkiler anlamına gelmektedir (Zari,2007).

Davranış düzeyi biyotaklitte, taklit edilen organizmanın kendisi değil, davranışıdır. Davranış düzeyinin mimari bir örneği, Mick Pearce'ın Zimbabve'deki Eastgate Binası'dır (Şekil 3.15). Termal olarak kararlı bir iç ortam yaratmak için termit höyüklerinde gözlemlenen pasif havalandırma ve sıcaklık düzenleme tekniklerine dayanmaktadır. CH2 Binasının altındaki kanalizasyonlardan çıkarılan ve temizlenen su, belirli termit türlerinin buharlaşmalı bir soğutma mekanizmasına benzer bir şekilde kullanmaktadır (Zari,2007).



Şekil 3.15 Termit Kulesi ve Eastgate Binası (Kuday, 2009)

Ekosistem düzeyi: Ekosistemlerin taklit edilmesi, biyotaklit kavramının ayrılmaz bir parçasıdır. Ekotaklit terimi aynı zamanda tasarımda ekosistemlerin taklit edilmesini tanımlamak için kullanılırken, bu terim, amacı insanların refahı olduğu sürdürülebilir bir biyotaklit biçimi anlamında kullanılmaktadır (Zari,2007).

Mithūn Architects ve GreenWorks Peyzaj Mimarlığı DanışmanlarıLloyd Crossing Projesi'ni (Şekil 3.16), geliştirmeden önce sahada var olan ekosistemin nasıl çalıştığına dair analizler yapmışlardır ve projeyi analizler sonucuna göre tasarlamışlardır. Sonuçta, projenin uzun bir süre boyunca ekolojik performansına yönelik hedefler belirlenmiştir (Zari, 2007).



Şekil 3. 16 Lloyd Crossing Projesi ve Analizleri (Mithun, b.t.)

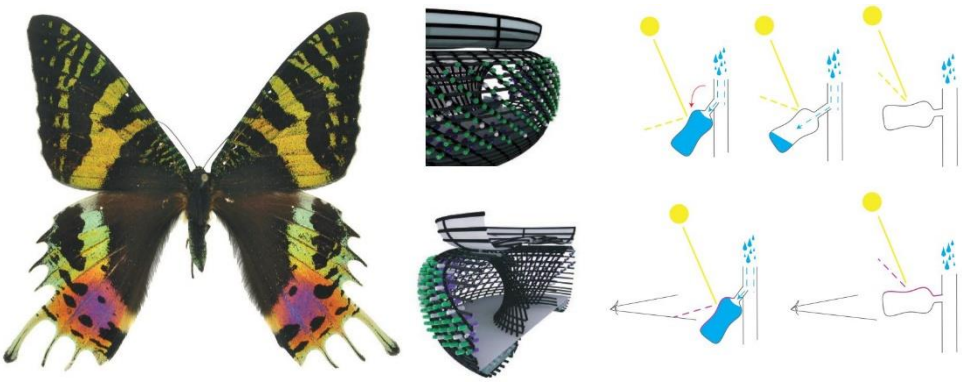
Bir diğer sınıflandırma çalışması da Ilaria Mazzoleni tarafından 2013 yılında yapılmıştır. Mazzoleni (2013)' e göre hayvan derileri bulundukları çevreye karşı uyum göstermektedirler. Hayvan derilerinin ana işlevlerini dört başlıkta sınıflandırmıştır:

- İletişim,
- Isı düzenleme,
- Su dengeleme ve
- Koruma.

Biyotaklit tasarım yönteminin, bu sınıflandırma sonucunda, tasarımlarda kullanılabilmesi amaçlanmıştır (Mazzoleni, 2013).

İletişim: İletişimaraçlarıkoku, dokunma, hareket, jestler, ses, titreşim, yüz ifadeleri, elektrik sinyalleri ve renklendirmedir. Bu çeşitli iletişim biçimleri birçok işleve hizmet etmektedir.Doğada yaygın olarak kullanılan bir iletişim biçimiise renklendirmedir(Mazzoleni, 2013).

Doğa, yeni renk kullanımları için ilham kaynağı olabilmektedir. Urania güvesinin (Şekil 3.17) kanat pullarının yansıtıcı mikro yapısı incelenerek, atılan renkli plastik şişeleri, köylüleri su olduğunda bilgilendirmek için bir sinyal olarak kullanan bir proje tasarlanmıştır (Mazzoleni, 2013).Güve, parlak yanardöner alanlar da dâhil olmak üzere çok renkli kanat desenlerine sahiptir. Güve kanatları, kısmen örtüşen binlerce puldan oluşmakta ve pulların yapısı ışığı yansıtma şeklini etkilemektedir (Mazzoleni, 2013).



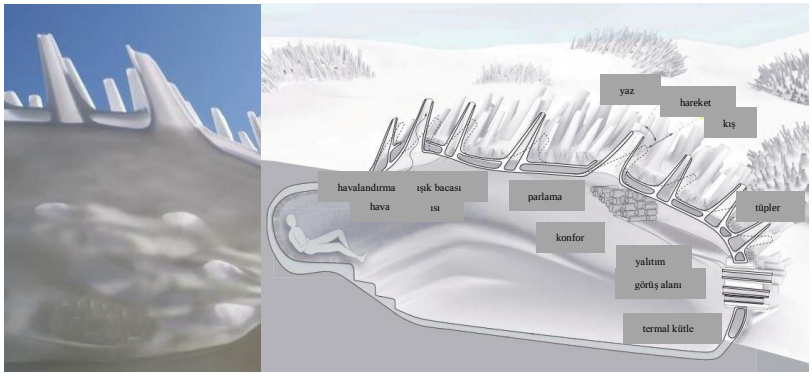
Şekil 3.17 Güve ve Proje Tasarımı(Mazzoleni, 2013)

Tasarlanan projedebina kabuğunun tasarımı, çok renkli kanat düzeneğinin yansıtıcı ve kırıcı özelliklerinden esinlenmiştir. Bina, yerel topluluk için yağmur suyunun geniş bir çatı yüzeyinden toplandığı ve yeni bir temiz içme suyu sistemi

sağlanmasını amaçlamaktadır. Suyu, çatıdan binanın kabuğuna taşıyan bir filtreleme sistemi, suyun yeniden kullanılabilir renkli şişelerin toplanmasını sağlamak için inşa edilmiştir. Şişelerin açısı, şişelerde toplanan su miktarına göre değişmektedir. Işık, su dolu şişelerin şekli ve açısıyla değişerekyansıma alanları oluşturmaktadır (Mazzoleni, 2013).

Isı düzenleme: Uygun bir vücut sıcaklığının korunması, tüm canlılar için kritik öneme sahiptir ve canlılar, vücut sıcaklıklarını kontrol etmek için büyük miktarda enerji harcarlar, aynı şekilde yapı kabuğu da yaşayanlar için iç ortam konforu ile dış iklim koşulları arasındaki aracıdır. Kutup ayılarının ısı düzenlemesinden esinlenilerek Kanada'da bir proje (Şekil 3.18) tasarlanmıştır.

Kutup ayılarıayak tabanları da dâhil olmak üzere neredeyse tüm vücudu kaplayan kalın, beyaz bir kürk manto ile yalıtılmıştır. Kürk iki katmandan oluşmaktadır. Yoğun beyaz kürk, sıcak havayı cilde yakın tutarak ana yalıtım kaynağını sağlamaktadır. Dış katmanda bulunan daha uzun koruyucu tüyler içi boş ve şeffaftır(Mazzoleni, 2013).

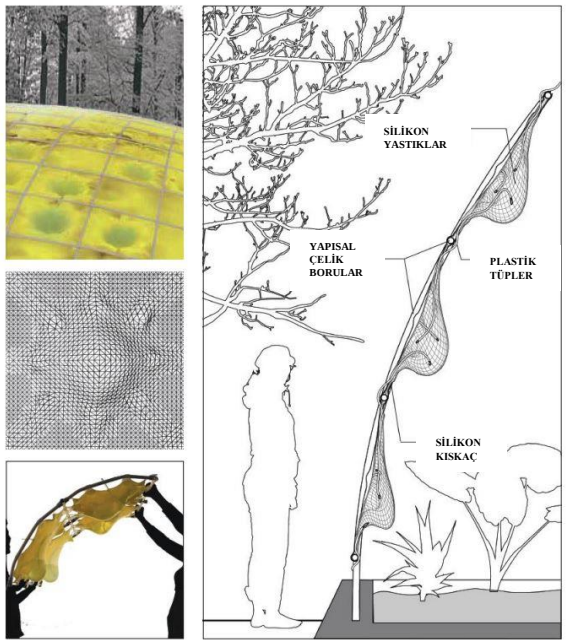


Şekil 3.18 Kutup Ayısı Derisi ve Tasarlanan Yapı(Mazzoleni, 2013)

Bu proje (Şekil 3.18), kutup ayısının hayatta kalmasını sağlayan fizyolojik ve davranışsal adaptasyonları taklit etmektedir. Proje, ayının kış uykusuna benzer şekilde kısmen toprağa gömülüdür. Yapı, güneşin enerjisi, ısısı ve ışığını kürk benzericam tüplerden oluşan aktif bina kabuğu ile toplamakta ve enerjinin depolandığı, korunduğu yalıtım katmanlarına iletmektedir (Mazzoleni, 2013).

Su dengeleme: Yeryüzündeki yaşamın suyla yakın bir ilişkisi vardır. İnsanlardan bakterilere kadar tüm organizmalar öncelikle sudan oluşmaktadır. Bu nedenle hayvanlar, suyu toplamak ve korumak için çeşitli uyarlamalar sergiler (Mazzoleni, 2013).

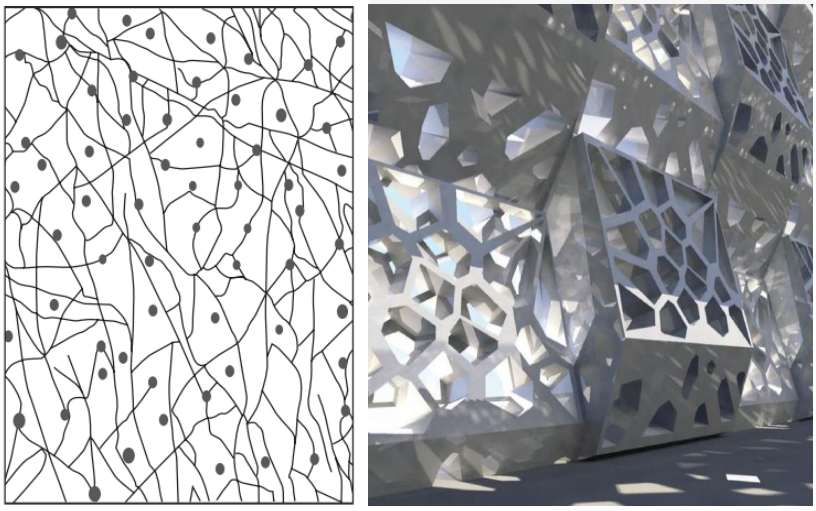
Muz sümüklü böceklerinden esinlenilerek bir sera (Şekil 3.19) tasarlanmıştır. Sümüklüböceğin özellikleri binanın tasarımıyla ilgili olarak analiz edilmiştir. Derinin nefes almayı sağlayan gözenekliliği ve geçirgenliği, böceğinmukusunun sümüklüböceği hem kurumaya hem de avcılara karşı koruma yeteneği, sümüklüböceğin çevreye göre nem ve sıcaklıktaki değişikliklere uyum sağlama yeteneği ve sümüklüböceğin homeostaz yoluyla çevresiyle denge ve iletişim kurma yeteneği tasarım için ilham kaynağı olmuştur. Sera, hava koşullarına göre ayarlanan ve değişen uyarlanabilir bir örtüye sahiptir. Yapı kabuğu, istendiğinde güneş, hava ve yağmur suyunun içeri girmesine izin vererek iç ortamı değiştirmektedir (Mazzoleni, 2013).



Şekil 3.19 Sera (Mazzoleni, 2013)

Koruma: Hayvanlar, kendilerini saldırılardan korumak için fiziksel, kimyasal savunmaya başvurmaktadırlar (Mazzoleni, 2013).

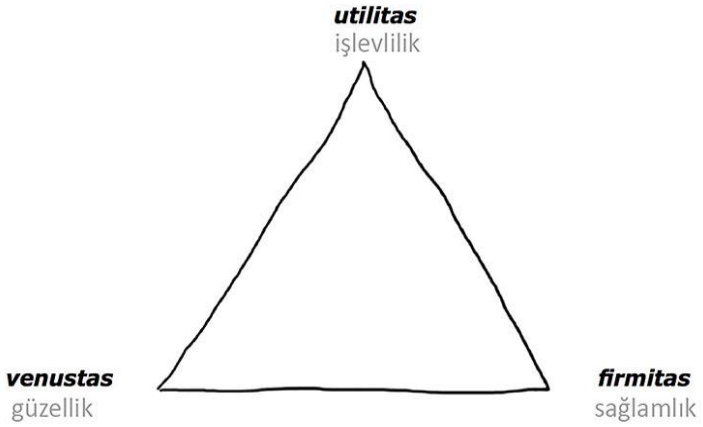
“Gözenekli Cilt” adlı proje, su aygırından (Şekil 3.20) esinlenilerek tasarlanmıştır. Tasarım için ilham kaynağı, suaygırının yarı sucul yaşam tarzı ve derisinde gözlemlenen koruyuculuktur. Projenin kabuğu, hem yaz aylarında hem de kış aylarında konforlu bir iç mekân iklimi yaratmaktadır. Sürgülü paneller, binaya gelen gün ışık miktarını yazın soğutma elemanı, kışın ise termal kütle işlevi gören dış cephe tertibatında tutulan suyu düzenlemektedir. Kayan hareketli panellerden oluşan yapı kabuğunun içindeki açıklığın çeşitli yönleri, binaya sızan ışığın yönünü ve ısı girişini kontrol etmektedir (Mazzoleni, 2013).



Şekil 3.20 Su Aygırı Derisi ve Yapı Kabuğu (Mazzoleni, 2013)

Bu tez, iki farklı sınıflandırma şeçeneklerinden farklı bir biyotaklit tasarım sınıflandırması sunmaktadır. Vitrivius’un başarılı bir mimarlık için tanımladığı form, fonksyion ve strüktürden yola çıkılarak 3 başlık altında sınıflandırma yapılması tarafımızdan önerilmiştir ve farklı örnekler ile anlatılmıştır.

Marcus Vitruvius Pollio, başarılı bir mimarlık için “Utilitas, Firmitas, Venustas” (kullanışlılık, sağlamlık, güzellik) etmenlerinin gerekli olduğunu ileri sürmüştür(Şekil3.21) (Morgan, 1914). Bu tanımdan yola çıkılarak, biyotaklit tasarım yöntemine yeni bir sınıflandırma önerisi sunulması mümkündür.



Şekil 3.21 Vitruvius üçgeni (Universkop, 2020)

Vitruvius, insan vücudu ve doğanın bize sunduğu kaynaklara başvurmuştur. Doğa, mimarinin temeli olan bir oran ve simetriyi kendi içinde barındıran bir mekanizmadır. Tasarımcı, doğadaki bu mükemmel mekanizmayı kavrarsa, tasarımlarını doğaya uygun yapabilir. Bu nedenle Vitruvius, mimarların en büyük öğretmeni ve modelinin doğa olduğunu savunmaktadır(Feuerstein,2002).

Vitruvius, insan vücudundan yola çıkarak, simetri ve iyi orantı olmadan hiçbir yapının iyi inşa edilemeyeceğine inanmıştır. İnsan vücüdu incelediğinde, orta noktasının göbek deliği olduğunu farketmiştir. Bir insan ellerini ve ayaklarını uzatarak yattığında pergelin sivri kol ucu göbeğine yerleşmiş ise, çember çizilirken pergel çizgisi her iki elin ve her iki ayağın parmaklarına dokunmaktadır. İnsan vücudundan yuvarlak bir form oluşabiliyorsa, bir karede olmalıdır. Tabandan başın tepesine kadar olan vücut ölçüsüne bakıldığında bu ölçünün uzatılan bir elden diğerine olan mesafe ile eşit olduğu görülmektedir. Bir kare gibi tüm uzunluklar eşit olmalıdır(Feuerstein,2002).

Doğa, insan vücudunun uzuvlarınıgöbek deliği ile orantılı olacak şekilde oluşturmuştur, bunu farkeden eski uyguarlıklar, yapıyı inşa ederken, yapının da tek tek tüm parçalarının, yapının bütününe uygun oranlarda olması gerektiğini benimsemişlerdir. Bu nedenle, her yapı için kendi yöntemlerini oluşturmuşlardır(Feuerstein,2002).

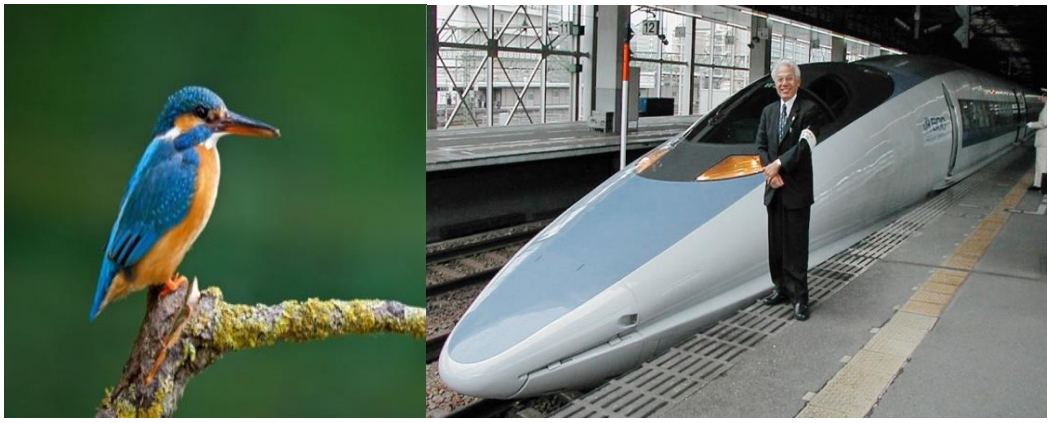
Genellikle yapılar için vücudun uzuvlarını ölçek olarak almışlardır. İnch, span, foot and ell bu ölçü birimlerine örnektir. Eski uygarlıklar, belirli insan nitelikleri veya olguları mimariye aktarılırsa, o zaman iyi oranlanmış, uyumlu ve güzel bir mimaritasarımın gerçekleştirileceğine inanmışlardır(Feuerstein,2002).

Bu tezde, Vitrivius'un başarılı mimarlık için belirttiği, form, fonksyion ve strüktür bağlamında yeni bir sınıflandırma önerilmiştir. Bu sınıflandırmada, form biçimsel benzerlik, fonksyion fonksyionel benzerlik, strüktür ise strüktürel benzerlik olarak isimlendirilmiştir ve örnekleri ile tanımlanmıştır.

3.4.1 Biçimsel Benzerlik

Doğada var olan canlılar, bulunduğu çevreye uyum sağlamak veya belirli bir işlevi gerçekleştirmek amacı ile bir forma bürünmüşlerdir. Form, bir nesnenin veya yapının görsel ve fiziksel görünümünü ifade etmektedir. Nesnenin şeklini, boyutunu, orantılarını ve genel görsel kompozisyonunu kapsamaktadır. Biçimsel benzerlik sınıflandırmasında canlıların sadece formundan yararlanarak tasarım yapılmaktadır. Bu şekilde bir canlının formundan esinlenilerek tasarlanan yapılar biçimsel benzerlik sınıfında yer almaktadır.

Biçimsel benzerliğin bir örneği olarak yalıçapkını kuşundan esinlenilerek tasarlanan tren tasarımı düşünülebilir. Trenlerin çıkardığı sesten şikâyetedilinceNozomi Shinkansen (Şekil 3.22) adlı trenin hızını artırmak, enerji tüketimini düşürmek ve gürültüyü azaltmak için yalıçapkını kuşunun gagasından esinlenerek trenin ön tarafı tasarlanmıştır (Biomimicry.net, b.t.).



Şekil 3.22Yalıçapkını (Bilimgenç, 2020) ve Shinkansen Treni (Raillife, 2016)

Zaha Hadid, tasarladığı yapılarda doğadan ilham almayı tercih eden mimarlardan biridir. Kullandığı organik formlar ile birlikte topoğrafyadan aldığı ilhamla ve tasarladığı kavisli yapılarıyla ön plana çıkmaktadır. Abu Dhabi'de tasarladığı Gösteri Sanatları Merkezi (Şekil 3.23) projesinde bir kertenkeleden, Azerbeycan'daki Haydar Aliyev Kültür Merkezi'de (Şekil3.24) Hazar Denizi dalgalarından, Çin'deki Guangzhou Opera Binası'nda (Şekil 3.25) ise kayalardan esinlendiği görülmektedir.



Şekil 3.23Kertenkele (Jutta-paulus.de, 2021) ve Gösteri Sanatları Merkezi (Inhabitat,2007)



Şekil 3.24Deniz Dalgaları (Smithsonian, 2015) ve Haydar Aliyev(Zaha-hadid,b.t.)



Şekil 3.25Kaya (Popsci, 2009)veGuangzhou Opera Binası (Arkitektuel,2017)

Tropikal Kelebek Bahçesi (Şekil 3.26) 2015 yılında Konya'da açılmıştır. Bahçe, Avrupa'nın en büyük kelebek uçuş alanına sahiptir.Bahçe, kelebek uçuş alanı ve böcek müzesi olarak iki ana bölümden oluşmaktadır (Konya Tropikal Kelebek Bahçesi, b.t.). Yapı, form olarak kelebekten öykünerek tasarlanmıştır ve biçimsel benzerlik türüne bir örnektir.



Şekil 3.26Kelebek (Gezici, 2020)ve Konya Tropikal Kelebek Bahçesi (Haberturk, 2020)

TWA Terminal Binası, New York'ta bulunan John F. Kennedy Uluslararası Havalimanı'nda bulunmaktadır. Yapı 1962 yılında kullanıma açılmıştır. Mimar Eero Saarinen, 5000 metrekarelik TWA Terminal Binası'nı (Şekil 3.27) tasarlarken doğayı bir kaynak olarak kullanmış ve yapıyı uçmaya hazırlanan bir kuşun formundan ilham alarak tasarlamıştır (Pawlyn, 2004).



Şekil 3.27Uçmaya Hazırlanan Kuş (Allabaoutbirds, 2020) ve TWA Terminal Binası (Arkitektuel,2018)

Yerden 36 metre yükseklikte bulunan Henderson Waves Köprüsü (Şekil 3.28), Singapur'daki en yüksek yaya köprüsüdür. Köprü, 274 metrelik uzunluğu boyunca kıvrılıp bükülerek tasarlanmıştır ve yapı tasarlanırken dalganın formunundan esinlenilmiştir.Formu, çelik kemerle sabitlenmiş ve sadece Asya'da bulunan Balau ağacından kaburgalar eklenmiştir (Visitsingapore, b.t.).



Şekil 3.28Dalga(Malibumakos, 2018) ve The Henderson Waves Köprüsü (Archdaily,2009)

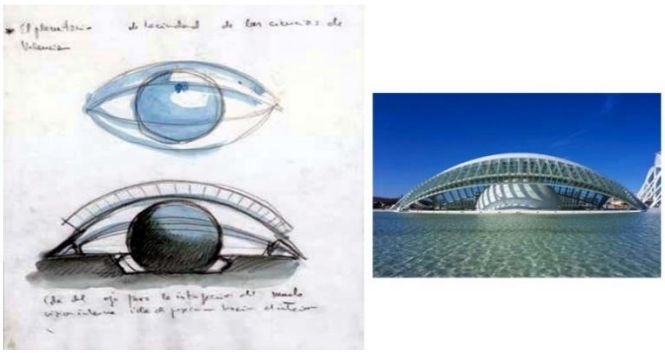
Delhi, Hindistan'da bulunan Nilüfer Tapınağı (Şekil 3.29), Mimar Fariborz Sahba tarafından tasarlanmıştır. Mimar, Bahaî Dini'nin saflık, sadelik ve tazelik kavramlarını ortaya çıkarmak amacıyla Delhi'deki tapınağı nilüfer şeklinde tasarlamıştır. Yapı, ana ibadethane, kütüphane, konferans salonu, bilgi merkezi ve eğitim merkezinden oluştmaktadır (Bahaihouseofworship, b.t.).



Şekil 3.29Lotus Çiçeği (Quora, b.t.) ve Nilüfer Tapınağı (Minifaber, 2014)

Santiago Calatrava, mimar, inşaat mühendisi, heykeltıraş ve ressamdır. Calatrava, tasarladığı yapılarda sıklıkla doğadan ilham aldığını belirtmektedir. İlham kaynağı olarak insan ve hayvan vücudunun dinamiklerinіön planda tutmaktadır. Calatrava'nın projeleri, karmaşık bir canlı organizmanın nasıl bir araya getirildiğini anımsatmaktadır. Köprülerinin, gözetleme kulelerinin ve bina komplekslerinin, onunla birlikte yaşayan devasa organizmalar gibi çevreye uymasının ve geliştirmesinin nedenlerinden biri de budur (Feuerstein, 2002).

Valencia Hemispheric (Şekil 3.30) gözden, Kuwait Pavilion (Şekil 3.31), el formundan, Torre de Montjuïc (Şekil 3.32), insan bacağından, Lyon–Saint-Exupéry Havalimanı (Şekil 3.33) göz formundan esinlenilerek tasarlanmıştır. Calatrava'nın bu tasarımları, biçimsel benzerlik türüne örnek olarak gösterilebilmektedir.



Şekil 3.30 Göz ve Valencia Hemispheric (Wordpress,2010)



Şekil 3.31 İnsan Eli ve Kuwait Pavilion (Gosciniak, Januszkiewicz, 2018)



Şekil 3.32 İnsan Bacağıve Torre de Montjuïc (Gosciniak, Januszkiewicz, 2018)



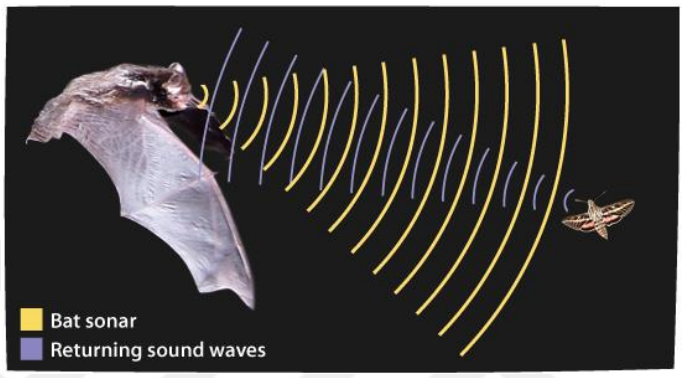
Şekil 3.33 Göz ve Lyon–Saint-Exupéry Havalimanı (Gosciniak, Januszkiewicz, 2018)

3. 4. 2 Fonksiyonel Benzerlik

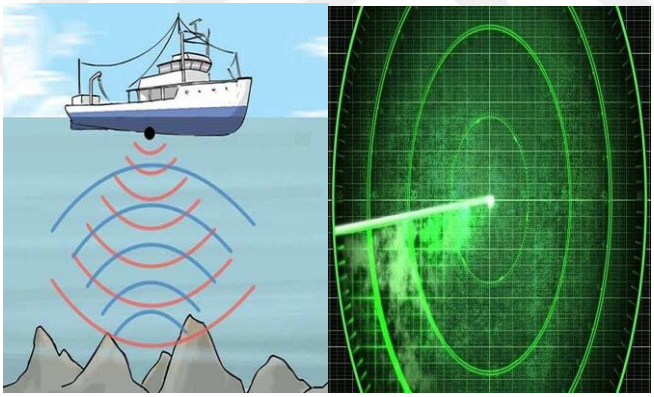
Biyotaklit, doğal sistemin, canlının veya malzemenin nasıl efektif çalıştığının incelemeesive bu prensiplerden esinlenilerek tasarım yapılması olarak da tanımlanmaktadır. Bu benzerlik türünde bir tasarımın amacı ve nasıl çalıştığı

incelenmektedir. Fonksiyonel benzerlik, biyotaklit tasarım yöntemi ile problemlerin nasıl çözüldüğünün incelenip tasarım aşamasında da çözümünün kullanıldığı benzerlik türüdür. Fonksyionel benzerlik türüne birçok örnek gösterilebilmektedir.

Yarasaların(Şekil 3.34) ekolokasyon kullanışları örnek alınarak sonarve radar (Şekil 3.35) sistemleri geliştirilmesi fonksiyonel benzerliğe bir örnektir.



Şekil 3.34 Yarasa Ekolokasyon (Askabiologist,2009)



Şekil 3.35 Radar Sistemi (Muhendisbeyinler, 2017)ve Sonar Sistemi (Elektrikde, 2022)

Abu Dabi'nin yoğun hava koşullarına karşı koyabilmek ve konforlu bir iç mekân tasarlayabilmek için Aedas Architects, Masharabiya gölgeleme sistemini kullanmıştır (Archdaily, 2012). Al BaharTowers'da (Şekil 3.36)gölgeleme sistemi tasarlanırken, ayçiçeği bitkisinin güneşe verdiği tepkiden ilham alınmıştır. Yapıya gelen gün ışığıbu şekilde kontrol edilebilmiştir.



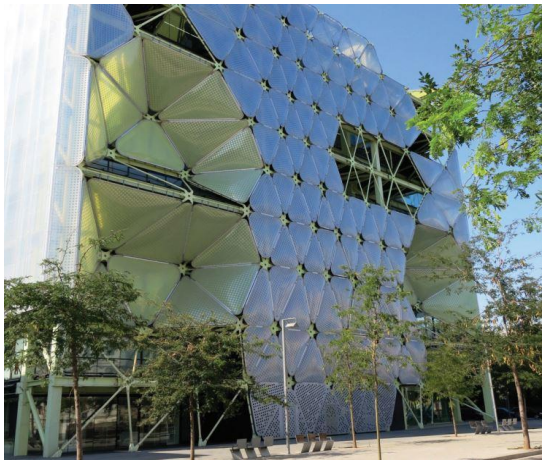
Şekil 3.36Ayçiçeği (Tazeçiçek, b.t.) ve Al Bahar Towers (Archdaily,2012)

Jean Nouvel'in Paris'teki Institut du Monde Arab'ı, (Şekil3.37) bitkilerde bulunan tropizmin (çevresel bir uyarana tepki olarak büyüyen veya dönen) biçimlerini taklit etmektedirler. Biyolojik organizmalarda algılama ve tepki verme yeteneği olduğu içinbiyotaklidinbu yapıların gelişimine katkıda bulunma potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir (Pawlyn, 2016).



Şekil 3.37Institut du Monde Arab (Pawlyn, 2016)

Media-TIC Binası (Şekil 3.38) da aynı şekilde bitkilerin tepkilerinden öykünerek tasarlanmıştır.Yapı, karanlıktan ışığa, sıcaklığa ve neme kadar her şeyi izleyen yüzlerce sensör içermektedir. ETFE birimleri ile opaklıklarını gerektiği gibi kontrol etmektedir ve bina için CO_2'in% 95 oranında azaltılmasına katkıda bulunan nitrojen bazlı sis doldurma sistemi bulunmaktadır (Pawlyn, 2016)



Şekil 3.38 Media TIC Binası (Pawlyn, 2016)

Artan deniz seviyesi yükselme tehditleri ve aşırı hava olayları, dünya çapındaki kıyı şeritlerini geliştirme, güçlendirme ve yoğun bakım gerektirmektedir. ECOncrete, deniz organizmaları için yaşam alanları oluşturmayı planlamaktadır.

Kıyı ekosistemleri (Şekil 3.39) incelendiğinde suyun filtrelenmesi, fırtınalardan korunması ve diğer türler için yaşam alanı oluşturabilmek amaçlı istiridye resiflerinin önemli rol oynadığı görülmüştür. Bu kabuklu deniz canlılarının, büyük topluluklar halinde toplanmak için biyomineralize bir yapışkan malzeme oluşturduğuincelemeler sonucu ortaya konmuştur. İstridye resiflerinin oluşturduğu bu çimento, organik-inorganik bir hibrit ve alternatif bir $CaCO_3$ kristal formu, çapraz bağlı bir organik matris ve yüksek bir protein içeriği göstererek çevredeki kabuklardan farklı bir oluşumdur. İstiridye çimentosu tanımıyla, sağlıklı kıyı ortamları için gerekli bileşenleri daha iyi anlamanın yanı sıra sentetik kompozit malzemeler geliştirmeye başlanmıştır (Burkett, Hight, Kenny ve Wilker, 2010).

ECOncrete, kıyı ve deniz altyapısının ekolojik değerini ve yapısal performansını artırmak için geliştirilmiş yenilikçi bir beton teknolojisidir. ECOncrete, yapay deniz habitatları yaratmak ve ekolojik büyümeyi teşvik etmek için çeşitli sürdürülebilir malzemeleri ve tasarımları bir araya getiren biyo-geliştirici bir betondur (Ask Nature, b.t.).

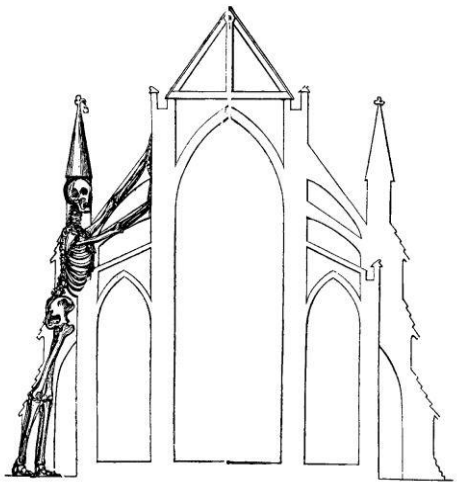


Şekil 3.39 Kıyıda bulunan istridyeler(Ask Nature, b.t.)

3.4. 3. Strüktürel Benzerlik

Strüktür, yapının taşıyıcı sistemini ifade etmektedir. Taşıyıcı sistemlerin, insanoğlunun varlığıyla birlikte başlayıp geliştiği düşünülmektedir. İnsan, doğa etkilerine karşı barınma gereksinimini gidermek için alanlar aramış, doğadan örnekleri değerlendirerek benzer sistemleri uygulamıştır (Özülkü, 2010). Stüktürel tasarım, tasarımın kuvvetlere dayanmasını ve bütünlüğünü korumasını sağlayan bileşenlerin, malzemelerin ve yapısal elemanların düzenlenmesini ve birbirine bağlanmasını kapsamaktadır. Doğa, yükleri dağıtmak, gücü en üst düzeye çıkarmak ve değişen koşullara uyum sağlamak için dâhice çözümler sunmaktadır. Doğadan yapısal olarak ilham alan tasarımlar, strüktürel benzerliğe örnek olarak gösterilmektedir.

İnsan iskeletindenesinlenilerek tasarlanan bir uçan payanda yapısı, strüktürel benzerliğe örnektir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40 Gotik Tonozları İnsanİskeletiyle Karşılaştıran Diyagram(Steadman,2008)

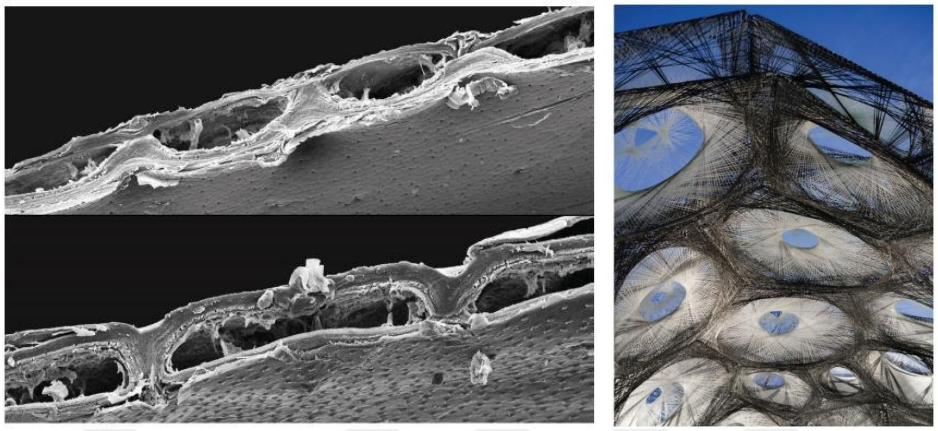
Stansted Hava Terminali (Şekil 3.41) Foster and Partners tarafından İngiltere'de tasarlanmıştır. 1992 yılında kullanıma açılan yapının kolonları incelendiğinde ağaçların dallanma sisteminden öykünerek tasarlandığı fark edilmektedir (Foster+Partners, b.t.).



Şekil 3.41Ağaç (Cnrwood, 2022) ve Stansted Havalimanı (Idealstandard, 2018)

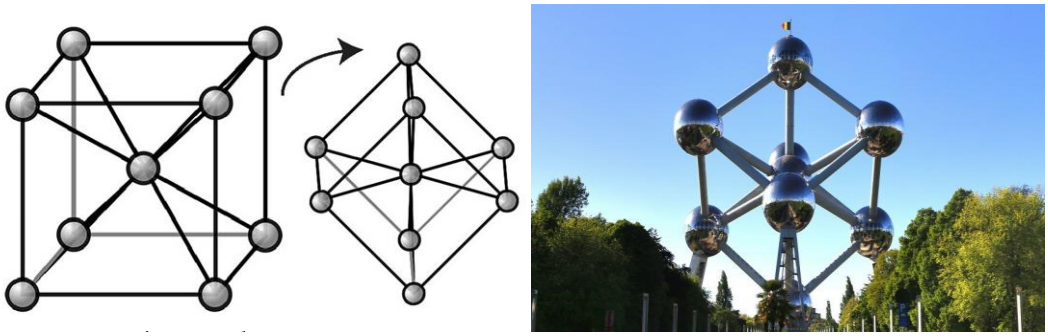
Stuttgart Üniversitesi Sayısal Tasarım (ICD) ve Yapı Strüktürleri ve Strüktürel Tasarım Enstitüsü (ITKE) ile işbirliği içinde bir pavyon (Şekil 3.42) tasarlanmasına karar verilmiştir. Bu biyomimikri çalışmasında, taşıyıcı yapıların lifli olduğu görülmüştür. Farklı biyolojik lif-kompozit yapıları incelenmiştir ve en büyük hafiflik ve güç kombinasyonunu sunduğu için böcek kanatlarının uygun olacağı düşünülmüştür. Eelytra olarak da bilinen çok daha hassas uçan kanatları koruyan sertleştirilmiş ön kanatlara karar verilmiştir. Pavyon, reçine kaplı cam elyaflar

kullanılarak çift katmanlı tasarlanmıştır ve iki robot tarafından kalıba ihtiyaç duyulmadan yapılmıştır. (Pawlyn, 2016).



Şekil 3.42 Pavyon Tasarımı(Pawlyn, 2016)

Brüksel'de Expo 58 Fuarı için yapılan Atomium (Şekil 3.43), demirin kristal yapısından esinlenilmiştir. Atomium, 165 milyar kez büyütülmüş bir demir kristalinin temsilidir (Reichold ve Graf,1999)ve yapı hala Brüksel'de sergilenmektedir.



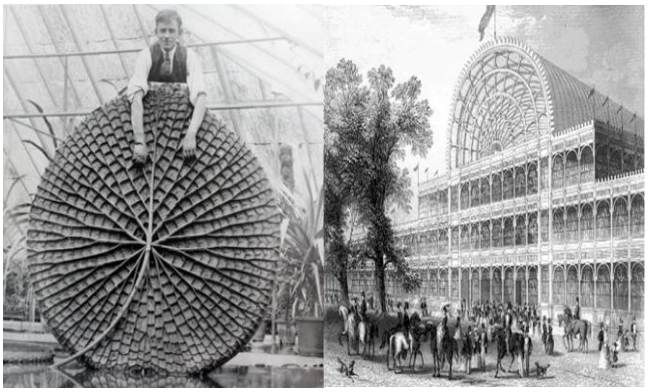
Şekil 3.43Demirin Kristal Yapısı (Ripley ve Bhushan,2016) ve The Atomium (Foronuclear, 2022)

2014 yılında The Living firması mantar miselyumundan tuğlalar üretmiş ve 13 metrelik bir yapı olan Hi-Fi Kulesi'ni (Şekil 3.44) hayata geçirmişlerdir. Yapı söküldükten sonra tuğlalar kompost hale getirilmiş ve tamamen biyolojik döngüye geri dönmeleri sağlanmıştır (Pawlyn,2016).



Şekil 3.44 Hi-Fi Kulesi (Pawlyn,2016)

Crystal Palace, doğanın taklit edilmesine dayandırılarak tasarlanan ve inşa edilen ilk yapılardan biridir (Şekil 3.45). Yapı,1851'de botanik uzmanı Joseph Paxton tarafından tasarlanmıştır. Paxton, nilüfer çiçeği üzerine yaptığı çalışmalardan yola çıkarak projeyi hayata geçirilmiştir(Eryıldız ve Mezini,2012). Nilüfer çiçeğinin alt yapraklarının iskelet sistemi yapısı örnek alınarak oluşturulmuştur ve çelik kaburga sistemi üzerine geniş camlar yerleştirilerek inşa edilmiştir.

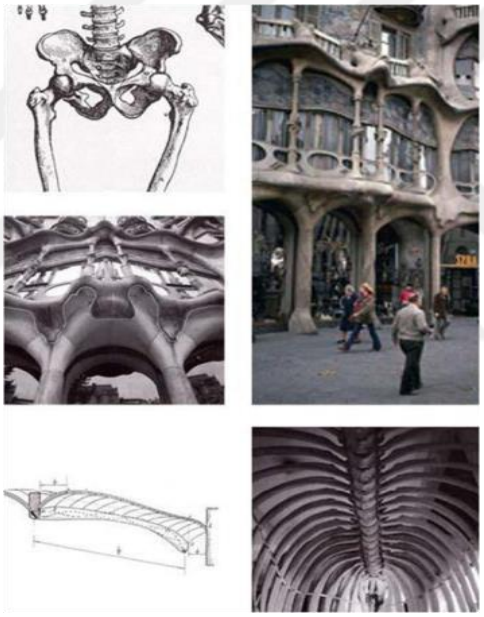


Şekil 3.45Nilüfer Çiçeği (Janedzisiewski, 2013) ve Crystal Palace (Archdaily,2013)

İspanya'da Antoni Gaudi (1852-1926) tasarladığı formlarla ön plana çıkmıştır. Antonio Gaudi, mimarlığın öncülerinden biri olarak doğadan ve doğanın hayati bileşiminden etkilenmiştir. Gaudi'nin tasarımları kendine özgü organik formlara

sahiptir. Gaudi, doğada bulunan yapısal oluşumlardan esinlenmiş, onları taklit etmiş ve yapılarında uygulamıştır (Alyasiri, 2020).

Gaudi, etrafında gördüğübirçok canlı ve oluşumu, tasarladığı yapılara yansıtmayı başarmıştır. Hayvan iskeletleri, yumuşakçalar, kabuklu canlılarve bitkileri incelemiş ve bunları tasarımları için birer model olarak kullanmıştır. Antoni Gaudi için doğa her zaman bir ilham kaynağı olmuştur. Gaudi'ye göredoğa, her zaman açık olan ve okumaya çalışmamız gereken bir kitaptır(Casabatllo, 2013). Tasarladığı Casa Batlló ve Casa Milla'da bahsettiği büyük kitaptan faydalandığı görülmektedir (Şekil 3.46). Gaudi'nin bu tasarımlarından strüktürel olarak doğadan esinlendiği farkedilmiştir.

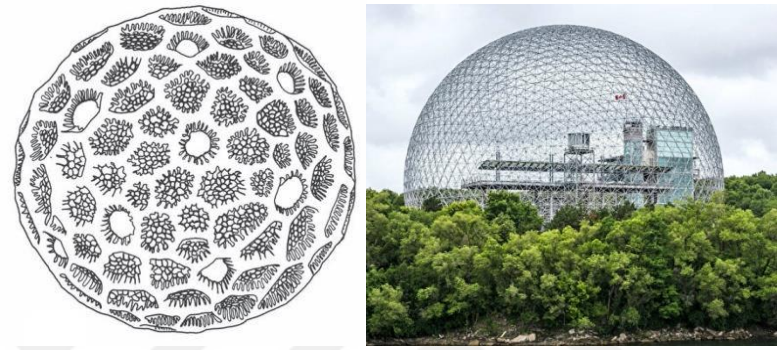


Şekil 3.46Gaudi ve Doğadan Esinlendiği Tasarımlar (Selçuk ve Sorguç, 2007)

Buckminster Fuller ve Frei Otto'nun yeni form ve strüktür arayışları, mimari tasarımda doğadan bilinçli öğrenme süreci için önemli bir dönüm noktasıdır. Fuller'in jeodezik kubbesinde, Otto'nun asma-germe sistemli tasarımlarında en az malzeme ile en büyük açıklıkları geçme kaygısı görülmektedir(Selçuk ve Sorguç,2007). Otto, örümcek ağından (Şekil 3.47) esinlenerek Münih Olimpiyat Stadyumu'nu, Fuller ise ışınlıların (radiolaria) (Şekil 3.48) yapısından jeodezik kubbeyi tasarlamışlardır ve bu tasarımlar stürüktürel benzerliğe örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.47 Örümcek Ağı (Wıred,2012) ve Munih Olimpiyat Stadyumu (Dezeen, 2015)



Şekil 3.48 Radiolaria (Pawlyn, 2016) ve Jeodezik kubbe (Gzt, 2021)

Bu bölümde, biyotaklit kavramının tanımı ve tarihçesi üzerinde durulmuştur. Biyotaklit tasarım yönteminin nasıl uygulanacağı ile ilgili farklı sınıflandırmalardan bahsedilmiştir ve yeni bir sınıflandırma önerilip farklı örneklerle açıklanmıştır.

Mimari tasarımlarda doğadan esinlenmeye yönelik daha birçok örnek olmasına karşın, tezin kapsamı nedeniyle bunlarınn birçoğuna yer verilememiştir. Daha detaylı bilgi için kaynakçadaki yayınlar incelenmelidir.

BÖLÜM DÖRT
BİYOTAKLİT TASARIM YÖNTEMİ İLE TASARLANMIŞ MEGA YAPILARIN İNCELENMESİ

Önceki bölümde biyotaklidin bir tasarım yöntemi olarak uygulandığı yapılardan bahsedilmiş olup bu bölümde hem biyotaklidin uygulandığı, hem mega yapı olma özelliği olan hem de bulunduğu kentin bazı durumlarda da ülkenin simgesi olma özelliğinde olan yapılardan bahsedilmektedir. Bu yapılar, tez kapsamında tarafımızdan önerilen üçlü sınıflandırmaya göre sınıflandırılmıştır.

4. 1. Biyotaklit Tasarım Yöntemi İle Tasarlanan Mega Yapıların İncelenmesi

Bu bölümde biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanmış, bulunduğu kentin simgesi olan dünya genelinden 18 adet mega yapı, yapım yılları, mimarları, lokasyonları, strüktürü, stürüktür malzemesi, fonksiyonu, esin kaynağı, benzerlik sınıflandırması ve mega yapı olma nedenlerine göre incelenmiştir. Bu yapılar;

- Keops Piramidi,
- La Sagrada Familia
- Hoover Barajı
- Batı Almanya Pavyonu
- Montreal 1967 ABD Pavyonu
- Osaka 1970 A.B.D. Pavyonu
- Sidney Opera Binası
- Waterloo Tren İstasyonu
- Burj Al Arab
- Eden Projesi
- Taipei 101
- Gherkin Swiss-Re Kulesi
- Oita Stadyumu
- Turning Torso

- Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi
- Pekin Ulusal Stadyumu
- Aldar Merkez Binası
- Canton Televiyoz Kulesi’dir

4.1.1 Keops Piramidi

Giza'da bulunan üç piramitten en büyüğü Keops Piramidi'dir (Reichold ve Graf, 1999). Khufu Piramidiya daBüyük Piramit olarak da bilinmektedir. M.Ö. 2550 yılları civarında hayata geçirildiği düşünülen bu yapı,dünyanın yedi harikasındanbiridir vedoğanın yıpratıcı etkilerine rağmen günümüze kadar ulaşan tek eserdir (Tablo 4.1). 1887'de Fransa'da Eyfel Kulesi inşa edilene kadar, Khufu'nun piramidi dünyanın en yüksek insan yapımı yapısıdır (Fonte, 2007).

Tablo 4.1 Keops Piramidi'nin Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	M. Ö. 2500'lü yıllar
Mimari Tasarım	-
Lokasyon	Kahire, Mısır
Strüktür	Yığma
Strüktür Malzemesi	Granit, Kireç Taşı
Fonksiyon	Anıt Mezar
Esin Kaynağı	Dağ
Benzerlik Türü	Biçimsel
Mega Yapı Olma Nedeni	Dünya'nın en büyük piramidi



Keops Piramidi

(Antiktarih,2018)

Mısırbilimciler, piramidin dördüncü hanedan Mısır firavunu Khufu için bir mezar olarak inşa edildiğine inanmaktadır. Yapımının yaklaşık 20 yıl sürdüğü düşünülmektedir ve Khufu'nun veziri olan Hemiun'nun Büyük Piramid'in mimarı olduğuna inanılmaktadır (Shaw,2003).

Firavunlar ölümden sonra ikinci bir hayatın olduğunu düşünmüşlerdir. Bir sonraki dünyaya hazırlanmak için, kendilerine tanrıların tapınakları ve devasa piramit mezarlaryaptırmışlardır. Bu mezarlar, her hükümdarın bir sonraki dünyada onlara rehberlik etmesi ve koruması gereken her şeyle doludur(Hemeda ve Sonbol, 2020). Dünyanın en büyük piramidi platodan yaklaşık 147 metre yüksekliktedir. Büyük piramit 3 odadan oluşmaktadır: Kraliçe odası, kral odası ve en altta kayaya oyulmuş ganimetler için ayrılmış bir oda(Hemeda ve Sonbol, 2020). Piramit, kireç taşı

bloklarından yapılmıştır. İç mekânda malzeme olarak granit kullanılmıştır (Keops Piramidi, 2013).

Biyotaklit Özellikleri: Keops Piramidi, ayakta kalmayı başarabilen dünyanın tek 7 harikasıdır. Doğa koşullarına binlerce yıldır karşı koymayı başarmıştır. Piramidin uzun yıllar boyuncaayakta kalabilmesinin sebebinin doğadan esinlenerek tasarlanmış olduğu düşünülmektedir. İncelendiğindepiramit (Şekil 4.1), bir dağ formundan esinlenilerek yapılmıştır. Böylece, doğanın tüm etkileri karşısında ayakta kalabilmeyi başarmıştır.



Şekil 4.1Dağ Formu (Tasnimnews, 2018)veKeops Piramidi (Smithsonian, 2018)

4.1.2 La Sagrada Familia

İspanya, Barcelona'da bulunan Sagrada Familia'nın yapımına 1882 yılında başlanmıştır ve inşasına hala devam edilmektedir(Sagradafamilia, b.t.). Antoni Gaudi tarafından tasarlanan yapının, tamamlandığında 172 metre ile dünyanın en yüksek kilisesi olması planlanmaktadır. Bazilika yığma yapı olarak tasarlanmıştır. Kilisenin mega yapı olmasının bir diğer sebebi ise, bu boyuttaki başka hiçbir yapıda inşaat malzemesi olarak taş kullanılmamasıdır (Tablo 4.2). Yapıda kullanılan montjuïc taşıdır(La Sagrada Familia, 2019).

Tablo 4.2 La Sagrada Familia'nın Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	1882- Devam Ediyor
Mimari Tasarım	Antoni Gaudi
Lokasyon	Barcelona, İspanya
Strüktür	Yığma
Strüktür Malzemesi	Taş
Fonksiyon	Bazilika
Esin Kaynağı	Ağaç Gövdeleri
Benzerlik Türü	Strüktürel
Mega Yapı Olma Nedeni	Dünyanın en uzun bazilikası Taş ile yapılan en büyük kilise



La Sagrada Familia

(Archdaily,2010)

Gaudi kilisenin üç cephesini de birbirinden farklı tasarlamıştır. İlk cephe, Gaudi'nin yapımını kontrol ettiği Doğuş Cephesi (Nativity Facade)'dir. Bu cephede İsa'nın doğumu tasvir edilmek istenmiştir. Diğer cephe, İsa'nın çarmıha gerilişinin anlatılmaya çalışıldığı"Çile Cephesi (Passion Facade)"dir. Bir diğeri ise ana giriş cephesi,"İhtişam Cephesi (Glory Facade)" olarak bilinmekte ve İsa'nın Tanrı'ya yükselişinden ilham alınarak tasarlanmıştır (Yazıcı ve Alp, 2017).

Biyotaklit Özellikleri: Gaudi, kiliseyi tasarlarken orta nefte eğimli kolonlar kullanmayı tercih etmiştir. Böylece, eğimli sütunların ağırlığının daha iyi desteklediğini gözler önüne sermiştir. Sanatçı, bazilikayı ayakta tutan kolonları dallanıp budaklanan ağaçlar (Şekil 4.2) şeklinde tasarlamıştır. Yapıda, vitray

pencerelerde ve dallanma sütunları arasındaki boşlukların içinden yayılan ve yansıyan ışık, bir ormanın yapraklarının arasından güneş ışığının süzülmesinin etkisini vermektedir. Kolon gövdesi ve dalların birleşimindeki özellikler, ağaç düğümlerini taklit etmiştir (Şekil 4.3)(Rian ve Sassone, 2014). Ağaçlar strüktürel olarak incelenip kilisenin tasarımına entegre edilmiştir.



Şekil 4.2Ağaç ve Sagrada Familia'daki Kolon (Steemit, b.t.)



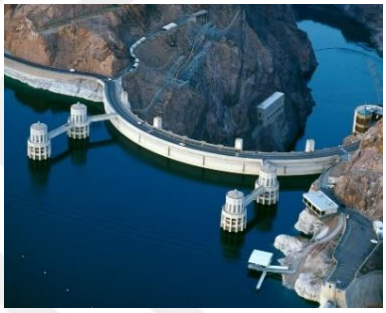
Şekil 4.3Ağaç ve Sagrada Familia'daki kolon (Steemit,b.t.)

4.1.3 Hoover Barajı

Hoover Barajı, Colorado Nehri'ni dizginlemek, selleri kontrol etmek, çöllerdeki tarlaları sulamak, şehirlerin su ihtiyacını karşılamak ve Güney Amerika'ya enerji üretmek amacıyla Henry J. Kaiser ve Gordon Kaufmann tarafından tasarlanmıştır. 221 metre yüksekliğinde olan Hoover Barajı'nın inşaatı 1935 yılında tamamlanmıştır (Tablo 4.3). Barajın oluşturduğu göl 620 kilometrekarelik bir alan kaplamaktadır, 35 trilyon su kapasitesine sahip ve 2 milyon kW enerji üretebilmektedir (Hoover Barajı, 2018).

Tablo 4.3 Hoover Barajı'nın Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	1935
Mimari Tasarım	Henry J. Kaiser Gordon Kaufmann
Lokasyon	Nevada, Amerika
Strüktür	Betonarme
Strüktür Malzemesi	Beton
Fonksiyon	Baraj
Esin Kaynağı	Kunduzların suda yuva yapımı
Benzerlik Türü	Fonksiyonel Benzerlik
Mega Yapı Olma Nedeni	Dünyanın en büyük barajı, ABD'nin en yüksek kemerli barajı



Hoover Barajı (History, 2010)

Yapı tasarlanırken, yer çekimi kemer tasarımından yararlanılmıştır. Yapının, taban kısmı 200 metre kalığındadır, üst kısmı ise daha incedir. Böylece, barajın arkasındaki su basıncını iki taraftaki duvarlara yayılmaktadır. Suyun, tüneller vasıtasıyla yönü değiştirilerek baraja çekilmesi sağlanmıştır (Hoover Barajı, 2018).

Hoover Barajı, yapıldığı dönemde dünyanın en büyük barajıdır ve ABD'nin en yüksek kemerli barajıdır (Hoover Barajı, 2018).

Biyotaklit Özellikleri: Kunduzlar, ayı ve kurtlar gibi yırtıcılardan korunmak için kendilerine baraj yapmaktadır. Kunduzlar bu barajların içinde yaşamak yerine, derin

bir su birikintisi oluşturmak için bariyer kullanmaktadır. Bu kısımda evlerini inşa eder, yiyecek deposu oluştururlar. Bu barajlar, sadece yırtıcı hayvanları caydırmak için derin değil, aynı zamanda kunduzların kulübeye su altı girişlerini de kazabilmeleri için tasarlanmaktadır. Kunduzlar herhangi bir tehlike anında, tünellerden güvenli bir şekilde çıkabilmektedirler (Sciencefocus, b.t.). Kunduzlar (Şekil 4.4), kendilerini ve yiyeceklerini koruma altına almak adına, bariyer kurarak su birikintisi içinde koruma altına girmektedirler. Baraj tasarımlarında, bir bariyer ile tutulan sudan faydalanılmaktadır. Kunduzların bu tasarımları incelenmiş ve fonksyionel olarak barajlarda kullanılmıştır.



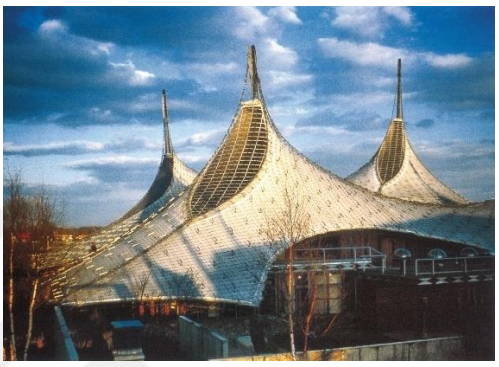
Şekil 4.4Kunduzların Yaptığı Baraj (Sciencefocus, b.t.)

4.1.4 Batı Alman Pavyonu

Frei Otto asma germe sistemleri çalışırken, en az malzeme ile en büyük açıklığı geçme ilkesiyle hareket etmiştir, hafif yapılar tasarlayarak sürdürülebilir bir çevre amaçlamıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 1967 Batı Alman Pavyonu'nunTeknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	1967
Mimari Tasarım	Gurbord, Kendel
Lokasyon	Almanya
Strüktür	Kablo Ağı Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik Ağ
Fonksiyon	Pavyon
Esin Kaynağı	Örümcek Ağı
Benzerlik Türü	Strüktürel
Mega Yapı Olma Nedeni	İlk Kablo Ağı Kullanılarak Tasarlanan Üst Örtü



Batı Alman Pavyonu (Archdaily, 2015)

Pavyon, sekiz çelik pilon tarafından desteklenmekte olan bir membran sistem ve kablo ağı kombinasyonundan meydana gelmektedir. Kablo takviyeli membran sistem olarak da adlandırılabilir. Örtülen alan 8000 m² civarıdır (Türkçü, 2017).

Ana pilonla diğer pilonlar arasındaki en büyük açıklık 55 metregeçmektedir, pilonlardanen uzunu 38 metre yüksekliktedir. Pilonların mesnet bağlantıları mafsallıdır (Türkçü, 2017).

Pavyon'un üstünü kaplayan membran örtü, 0.8 mm kalınlığında polyester kökenli olan trevira bezinden üretilmiştir ve her iki yüzü çok ince bir PVC tabakası ile kaplanmıştır. Örtü, öncesinde düz zeminde hazırlanıp sonradan gerilmiştir. Örtü %50 civarında bir ışık geçirgenliği özelliğindedir (Türkçü, 2017).

Taşımayı yüklenen, taşıyıcı ve stabilite kablolarından oluşan çift yönlü kablo ağı; membran örtünün 30 cm üzerinde yer almaktadır ve gelen doğa etkilerini karşılamaktadır (Türkçü, 2017).

Kablo ağı pilonlar ve kenar kabloları ile öngerilmiştir. Çadır, 34 noktadan zemine ankraj edilerek sabitlenmiştir. Uygulanmadan önceyapınınmaketleri yapılmıştır. Bu maketler örtünün formunu ve kesimlerini belirlemekte kullanılmıştır (Türkçü, 2017).

Biyotaklit Özellikleri: Örümcek ağlarından (Şekil 4.5) esinlenerek kablo ağ sistemleri kullanmış ve Batı Alman Pavyonu'nu tasarlanmıştır (Pawlyn, 2016).



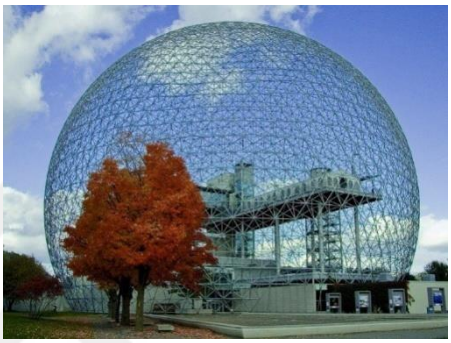
Şekil 4.5 Örümcek Ağı(Insideecelogy,2018) ve Batı Alman Pavyonu (Metalocus, 2015)

4.1.5 Montreal 1967 A.B.D. Pavyonu

Fuller'in, en az malzeme ile en büyük hacim kapatmanın en kolay yolu nedir, sorusuna cevabı bir kubbedir. Bir kürenin parçası olarak kubbe, büyük alanlar için oldukça etkindir. Minimum yüzeyle maksimum hacmi kapatma amacı ile 1954 yıllarında jeodezik kubbe keşfedilmiştir (Tablo 4.5) (Houstonun Dev Kubbesi, 2016).

Tablo 4.5 Montreal 1967 A.B.D. Pavyonu'nun Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	1967
Mimari Tasarım	Buckminister Fuller
Lokasyon	A.B.D.
Strüktür	Jeodezik Kubbe
Strüktür Malzemesi	Çelik
Fonksiyon	Pavyon
Esin Kaynağı	Radiolaria
Benzerlik Türü	Strüktürel
Mega Yapı Olma Nedeni	En büyük jeodezik kubbe



Montreal 1967 A.B.D. Pavyonu (Arkitektuel, b.t.)

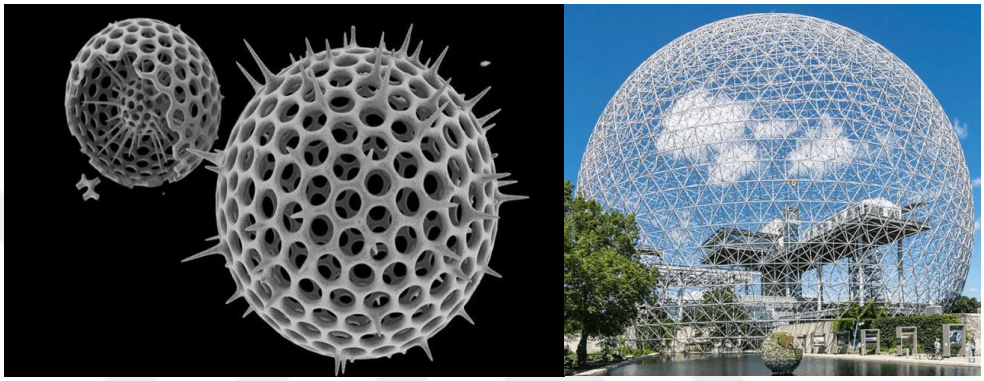
Jeodezik kubbeler, büyütülebilir, hafif ve sağlam olmalarının yanı sıra bir dizi tekrarlanan form ile inşa edilebilmektedir (Houstonun Dev Kubbesi,2016). Modüler yapı bileşenlerinden oluşan jeodezik kubbe, kolayca tekrarlanabilir bir strüktür sistemi sunmaktadır. Yapıda, düşey taşıyıcıya ihtiyaç kalmadığı için tüm hacim maksimum verimlilikte kullanılmıştır (Gök, Erman, 2021).

A.B.D. Pavyonu, EXPO 67 Dünya Fuarı'nda sergilenmiştir. Jeodezik kubbenin çapı 80 metre iken yüksekliği de 65 metredir. Yapı, uzay kafes sistem ile tasarlanmış ve yapımında çelik ve akrilik panel kullanılmıştır (Savaşır, 1999).

Kürenin çevresi çelik boru sistem ile sarılmıştır, bu sistemin iç kısmı akrilik bir zar ile kapanmıştır. Toplamda 5900 düğüm noktası bulunan kubbede, alttaki borular üst kısımındaki borulara göre bir kat daha ağırdır. Bulunan her düğüm noktası, dış

noktalarda 12 çelik çubuk elemanı, iç noktalarda ise 6 çelik çubuk ile birleşmektedir (Savaşır, 1999).

Biyotaklit Özellikleri: Fuller, mümkün olan en hafif yapıyı tasarlamayı amaçlamıştır. Küresel bir formu yapılandırmanın en verimli yolunun beşgenlerin ve altıgenlerin jeodezik düzenlemesi olduğunu farketmiştir. Fuller bu tasarımında radiolariaları (Şekil 4.6) incelemiş ve onlardan öykünmüştür (Pawlyn, 2016).



Şekil 4.6Radiolaria 1967 (Nfku, 2017) ve Jeodezik Kubbe(Santiyegunlugu,2020)

4.1.6 Osaka 1970 A.B.D. Pavyonu

Amerika Birleşik Devletleri Pavyonu'nu Davis, Brody,Chermaurff, Geismar ile DeHarak ve ortaklarından oluşan bir grup mimar tarafından tasarlamıştır (Tablo 4.6)(Hiddenarchitecture, 2016).

Tablo 4.6 Osaka 1970 Pavyonu'nın Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	1970
Mimari Tasarım	Davis, Brody, Chermaurff, Geismar ile deHarak
Lokasyon	A.B.D.
Strüktür	Kablo Destekli Pnömatik Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik Kablo Ağı, Membran
Fonksiyon	Pavyon
Esin Kaynağı	Sabun Köpüğü
Benzerlik Türü	Strüktürel
Mega Yapı Olma Nedeni	En Büyük Açıklık Geçen Hava Destekli Kablo Çatı



A.B.D. Pavyonu(Nasa. gov,2020)

Pavyonda, 83,5 metre genişlikte ve 142 metre uzunluk ve oval bir alanı örten tek tabakalı, kablolarla takviye edilerek geometrisi basık tutulmuş bir pnömatik strüktür tasarlanmıştır. 10000 m²'lik alan taşıyıcı membran örtü ile kaplanmıştır. Membran örtü, cam elyaf liflerinden örülmüş ve üzeri vinil kaplanmıştır. Oval planı köşegenler doğrultusunda takviye kabloları geçmektedir. Kabloların çapı 38-56 mm arasında değişmektedir (Türkçü, 2017).

Çatı yüksekliği ankraj noktalarından sonra yaklaşık 9 metredir. Ortada kazılan toprağın kenarlara yığılması ve bunun üzerine betonarme sürekli temelin yapılarak, kabloların bu temelin üst kotuna mesnetlenmesi ile çatı dışındaki taşıyıcı sistem,toprağın altına gömülmüş gibi görünmektedir. Bu çözüm ile yapının bazı kısımları toprak altında kalmıştır (Türkçü, 2017).

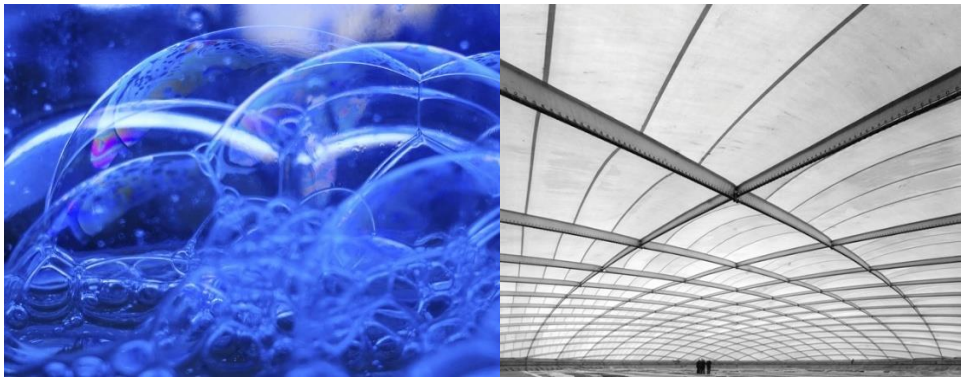
Kablo ağı da dâhil olmak üzere taşıyıcı sistemin toplam ağırlığı 1,2 kg/m²'dir. (Türkçü, 2017).

Yapının içinde uygulanan 200 mm'lik su basıncı, pnömatik sisteme öngerilme sağlamaktadır. Bu iç başıncın sağlanması için 4 kompresör ile çalışılmıştır. 2 kompresör, arıza durumunda devreye girmek üzere yedek olarak tutulmuştur (Türkçü, 2017).

Pavyona üst kattan girilmektedir ve sergiye hava kaçmasını engellemek amaçlı kontrollü üç giriş çıkış sağlanmaktadır. En alt katta ofisler varken sergi bölümü binanın üst iki katında yer almaktadır (Türkçü, 2017).

Pavyon, en büyük açıklık geçen hava destekli kablo çatı olma özelliği ile bir mega yapıdır(Hiddenarchitecture, 2016).

Biyotaklit Özellikleri: En az malzeme ile en büyük hacim özelliği olan sabun köpükleri (Şekil 4.7) Osaka 1970 A.B.D. Pavyonu için ilham kaynağı olmuştur.



Şekil 4.7 Sabun Köpüğü (Einsteinonline, b.t.) ve Osaka 1970 ABD Pavyonu (Metaformdesigninternational, b.t.)

4.1.7 Sidney Opera Binası

1973 yılında tamamlanan Sidney Opera Binası, John Uzton tarafından, Avustralya'da yapılan bir yarışmayı kazanması sonucu tasarlanmıştır. Yapı, tasarım aşamasında ilk defa bilgisayar programı kullanılan en büyük yapı olarak mega yapı özelliğine sahiptir (Tablo 4.7) (Sidney Opera Binası, 2015).

Tablo 4. 7 Sidney Opera Binası'nın Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	1973
Mimari Tasarım	John Utzon
Lokasyon	Sidney, Avustralya
Strüktür	Betonarme Kabuk Sistem
Strüktür Malzemesi	Beton
Fonksiyon	Opera Salonu
Esin Kaynağı	Portakal
Benzerlik Türü	Strüktürel Benzerlik
Mega Yapı Olma Nedeni	Tasarım aşamasında ilk defa bilgisayar programı kullanılan yapı



Sidney Opera Binası

(Archdaily, 2019)

Sidney Opera Binası'nın strüktürel tasarımında Ove Arup firması ile çalışıldığı görülmektedir. Yapıda betonarme kabuk sistem, taşıyıcı sistem olarak kullanılmıştır. Opera Binası'nın çatısında ise kabuklar bulunmaktadır. Bu kabuklar betonarmeden yapılmış kaburgalardır. Kabuklar küresel bir geometriye göre geliştirilmiştir. Sidney Opera Binası'nın kabuklarının formu bir kürenin yüzeyinden tasarlanmıştır, her bir kabuk bir kürenin düzlemi gibi tek, sabit bir biçimden türetilmiştir. Bu, binanın formunun tekrarlayan bir geometri sayesinde prefabrik olabileceği anlamına gelmektedir. Kabuklar daha küçük parçalar halinde önceden dökülüp, yerine monte edilecek şekilde yapılmıştır (Sydneyoperahouse, b.t.).

Biyotaklit Özellikleri: JohnUtzon'un, kabuk tasarımını portakaldan esinlenerek yaptığı ifade edilmektedir (Şekil 4.8). Çatının formunun, bir kürenin yüzeyinin

parçalanmasıyla ortaya çıktığı ve 14 ayrı çatı kabuğunun birleştirildiğinde bir küre oluşturduğu düşünülmektedir (Sydneyoperahouse, b.t.).



Şekil 4.8Portakal ve Sidney Opera Binası Çatı Tasarımı(Structpedia, 2019)

4.1.8 Waterloo Tren İstasyonu

Waterloo Tren İstasyonu'na, 1990-1993 yılları arasında yeni bir bölüm eklenmiştir ve NicholasGrimshaw tarafından Londra'da tasarlanmıştır. İstasyon, İngiltere'yi deniz altından diğer ülkelere bağlamaktadır (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Waterloo Tren İstasyonu'nun Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

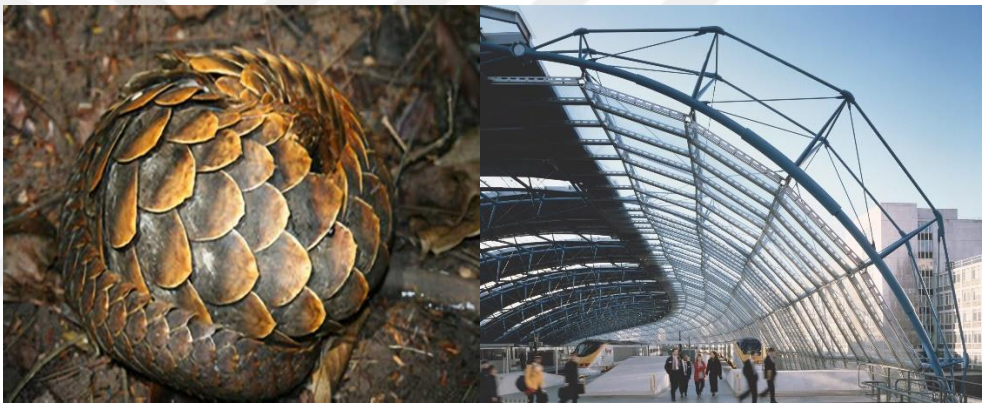
Yapım Yılı	1993	 Waterloo Tren İstasyonu (Dezeen,2020)
Mimari Tasarım	Nicholas Grimshaw	
Lokasyon	Londra, İngiltere	
Strüktür	Çelik Karkas Sistem	
Strüktür Malzemesi	Çelik	
Fonksiyon	Tren İstasyonu	
Esin Kaynağı	Pangolin	
Benzerlik Türü	Fonksiyonel	
Mega Yapı Olma Nedeni	Parametrik Tasarım Uygulanan İlk Tren İstasyonu	

Waterloo, parametrik tasarım kullanılarak yapılan ilk tren istasyonudur. Waterloo Tren İstasyo'nu çatısının araziye uyumlu olabilmesi için ilk olarak araziye uyumlu tek bir makasın parametrik modeli yapılmıştır. Yapılacak diğer modeller için de boyut, ölçek ve pozisyon gibi farklı parametreler eklenmiştir. Bu modeller sonucunda değişen parametler ile birçok makas üretilmiştir (İnner, 2019).

Çelik karkas sistem kullanılarak tasarlanan Waterloo'da çelik ve cam strüktür elemanı olarak kullanılmıştır. Waterloo Tren İstasyonu incelendiğinde, düşey taşıyıcıların kullanılmadığı görülmektedir. Çatı strüktürü üç mafsallı bir kafes sistem ile tasarlanmıştır (Soyluk, İlerisoy ve Yaman, 2016). Yapının 400 metre uzunluğundaki çatısı, 35 ila 50 metre arasında uzanan 36 adet yay benzeri kirişli kemerlerden oluşmaktadır.

Terminal binasının batı tarafı, üst üste binen büyük dikdörtgen panellerle sıralanmıştır. Her bir cam panel, bir kenarı boyunca ayarlanabilir braketlerle çelik yapıya asılmıştır ve panellerin diğer kenarlarının hareket edebilmesi için serbest bırakılmıştır. (Aldersey-Williams, 2003).

Biyotaklit Özellikleri: Trenler terminale girip çıkarken hava basıncında değişikliklere sebep olmaktadır. Waterloo Tren İstasyonu (Şekil 4.9) tasarlanırken pangolin böcekçilinden öykünülmüştür. Yapı incelendiğinde, cam panellerin tercih edildiği görülmüştür. Fakat cam paneller sabit değil pangolinin yapısı gibi esnek olarak tasarlanmıştır. Bu sayede, hava basıncına tepki olarak cam panellerin hareket edebildiği görülmektedir (Aldersey-Williams, 2003).



Şekil 4.9 Pangolin (Mammalwatching, 2016) ve Waterloo Tren İstasyonu (Dezeen,2020)

4.1.9 Burj Al Arab

321 metre uzunluğundaki Burj Al Arab'ın inşaatına 1994 yılında başlanmış olup, 2000 yılında misafirlerine kapılarını açmıştır. Otel olarak kullanılan yapı, Tom Wright tarafından tasarlanmıştır (Wkkarchitects, b.t.). Çelik karkas ve betonarme karkas sistem uygulanarak tasarlanmıştır.

Yapı, ilk yedi yıldızlı otel, dönemin en yüksek oteli ve dünyanın en büyük membran duvarıözellikleriyle bir mega yapıdır (Tablo 4.9) (Burj Al Arab, 2014).

Tablo 4.9 Burj Al Arab'ın Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2000
Mimari Tasarım	Tom Wright
Lokasyon	Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri
Strüktür	Betonarme Karkas Sistem, Çelik Karkas Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik, Cam, Beton
Fonksiyon	Otel
Esin Kaynağı	Rüzgârda Kabarmış Yelkenli
Benzerlik Türü	Biçimsel
Mega Yapı Olma Nedeni	Yedi yıldızlı ilk otel, dönemin en yüksek oteli ve dünyanın en büyük kumaş duvarına sahip.



Burj Al Arab

(Designingbuildings, 2022)

Otel, denizde olacağı için önce yapay bir ada tasarlanmıştır. Kıyıdan 270 metre uzaklıkta olan bu ada, otelin temelini oluşturmaktadır. Ada, rüzgârlardan ve dalgalardan korunabilmek için içi boş beton bloklardan yapılmıştır. Yapıyı taşıyabilmesi için çelik kazıklar kullanılmıştır (Burj Al Arab, 2014).

Yapının stüktürel sisteminde, betonarme ince duvarların desteklemesi için çapraz çelik kirişler tasarlanmıştır. Bu çapraz kirişler, betonarme duvarlara bağlanmaktadır.

Fakat yapının yapay bir adada olması ve çok rüzgâr olan bir konumda bulunması sebebiyle, kullanıcıların rüzgârı hissetmemesi için dış iskelette hassas noktalara ayarlı kütle sönümleyiciler koyulmuştur. Bu kütle söyümleyicilerin amacı yanal yükleri dengelemektir. Rüzgâr ya da tayfun durumunda, yapı yerine bu ağırlıklar sallanmaktadır (Burj Al Arab, 2014).

Biyotaklit Özellikleri: Mimar Tom Wright, oteli tasarlarken, farklı, bir o kadar da akılda kalıcı bir form yakalamak istemiştir. Tek kalem darbesiyle çizilen ve Dubai'nin simgesi olması gereken bu yapıyı tasarlarkenrüzgârda kabarmış yelken formundan (Şekil 4.10) biçimsel olarak yararlanmıştır. Hem basit hem de akılda kalıcı olan Burj Al Arab, Dubai'nin simgesi olmayı başarmıştır (Burj Al Arab, 2014). Rüzgârda kabarmış yelken formunu verebilmek için mimar,dünyanın en büyük membran kumaş duvarını kullanmıştır.



Şekil 4.10Rüzgârda Kabarmış Yelkenli (Turksail, 2010) ve Burj Al Arab (Paratic, 2015)

4.1.10 Eden Projesi

Eden Projesi, dünyanın en büyük serasıdır (Gruber, 2011). Eden Projesi, Birleşik Krallık'ın Cornwell bölgesinde, 1996-2001 yılları arasında inşa edilmiş olup Nicholas Grimshaw & Partners tarafından tasarlanmıştır. Uzay kafes sistem olarak tasarlanan yapıda, strüktür malzemesi olarak çelik ve ETFE kullanılmıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4.10 Eden Projesi'nin Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2001
Mimari Tasarım	Nicholas Grimshaw &Partners, Michael Pawlyn
Lokasyon	Cornwell, İngiltere
Strüktür	Jeodezik Kubbe
Strüktür Malzemesi	Çelik
Fonksiyon	Sera
Esin Kaynağı	Sabun Köpüğü
Benzerlik Türü	Stüriktürel Benzerlik
Mega Yapı Olma Nedeni	Dünyanın en büyük serası



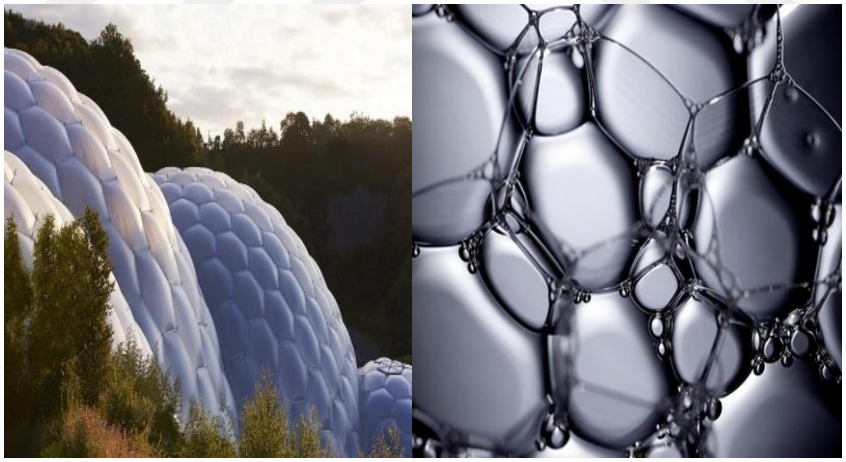
Eden Projesi
(Archdaily,2018)

Yapı, iki büyük sera ve bu seraları birbirine bağlayan bağlantı alanından oluşmaktadır. Her iki serada da dörder adet kubbe bulunmaktadır. Bu seralar, dünyanın farklı bölgelerindeki iklim özelliklerini yaşatmaktadır.

Uzay kafes sistem ile tasarlanan projede, kaplama malzemesi olarak ETFE (Etilen Tetra Flor Etilen) kullanılmıştır. İlk sera incelendiğinde, orman ağaçlarının büyüyebilmesi adına yüksekliklerin 55 metreye yakın olduğu görülmektedir. Bu bitkiler büyümek için maksimum güneş ışığına ihtiyaç duymaktadır, bu sebeple, kubbelerin yerleri güneş ışığı açısından en verimli konumlara yerleştirilmiştir (Knebel, Sanchez ve Zimmermann, 2001). Diğer büyük sera 35 metre yüksekliğe sahiptir ve Güney Afrika, Kaliforniya veya Akdeniz bölgesi gibi kuru ve sıcak bölgelerin bitkileri bulunmaktadır(Gruber,2011).

Seranın formu, kesişen jeodezik kubbelere dayanmaktadır. Yapı, birbirine bağlantı noktalarında bağlanan çelik borulardan oluşmaktadır (Gruber,2011). Yapılan çalışmalar sonucunda, tek katmanlı yapının ekonomik olarak inşa edilemediği ve deformasyonun çok büyük olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durumda, çift katmanlı bir yapı yapılmasına karar verilmiştir. Kaplama sistemi olarak hava dolgulu EFTE (Etilen Tetra Flor Etilen) folyolar seçilmiştir. Bu malzeme, cam ile kıyaslandığında çok düşük ağırlığa sahiptir. ETFE (Etilen Tetra Flor Etilen) kullanılarak çelik ağırlığının daha da azaltılmasına olanak sağlanmıştır. Bu malzeme sayesinde kubbelere çok daha fazla güneş ışığının geçmesi sağlanmış olup bitkiler için iyi bir ısı yalıtımı sağlanmıştır (Knebel, Sanchez ve Zimmermann, 2001).

Biyotaklit Özellikleri: Eden Projesi'nin (Şekil 4.11) yapıldığı zemin, kil bir çukurdan oluşmaktadır. Yapının mimarı Grimshaw, tasarımında sabun köpüğünden esinlenmiştir. Her yüzeye uyum sağlayan ve minimum malzeme ile maksimum hacim kaplayabilen sabun köpükleri, düzensiz ve değişken zeminde yapının ayakta kalması için Nicholas Grimshaw' a ilham vermiştir (Edenproject, b.t.).



Şekil 4.11Sabun Köpüğü (Stylepark, 2010) ve Eden Projesi (Edenproject, b.t.)

4.1.11 Taipei 101

Taipei 101'in yapımına 1999 yılında başlanmıştır ve 2004 yılında tamamlanmıştır. 101 katlı olan gökdelen, C.Y. Lee & Partners Architects/Planners tarafından tasarlanmıştır. Betonarme ve çelik karkas sistem ile tasarlanan gökdelen, bittiği dönemin en yüksek binasıdır (Tablo 4.11) (Taipei 101, 2015).

Tablo 4.11 Taipei 101'in Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2004
Mimari Tasarım	C.Y. Lee & Partners Architects/Planners
Lokasyon	Taipei, Tayvan
Strüktür	Betonarme Karkas Sistem Çelik Kafes Sistem
Strüktür Malzemesi	Beton, Çelik
Fonksiyon	Finans Merkezi
Esin Kaynağı	Bambu
Benzerlik Türü	Strüktürel Benzerlik
Mega Yapı Olma Nedeni	Yapıldığı dönemin en yüksek gökdeleni



Taipei 101 (Structpedia, 2019)

Kule, Çin'in şanslı sayısı "8"e dayanan bir tasarım olan 8 eğimli bölümde yükselmektedir. Yapının hafif eğimli dış cephesi, rüzgâr ve acil durumların mega yapıya olan etkilerini azaltmaktadır (Taipei 101, 2015).

Taipei 101 tasarlanırken, tasarımcıların iki önemli konuda dikkatli olmaları ve tasarım kararlarını bu konulara göre vermeleri gerekmekteydi; tayfun ve depremler. Çok şiddetli bir depremde ayakta kalabilmesi için gökdelen, hem esnek hem sağlam olmalıdır (Taipei 101, 2015).

Bu yükseklikteki bir binanın yana yatma ihtimali oldukça yüksektir. Bu durum için esneklik oldukça önemlidir. Bina esnek oldukça yüksek rüzgârlarda yapı ileri geri sallanabilir. Bu durumu engellemek adına, 87. ve 92.katlar arasında sallanan 600

ton ağırlığındaki bir denge topu konulmuştur. Çapı 6 metre olan denge topunun yaptığı salınım, binanın salınımına ters hareket etmektedir. Denge topu sayesinde, binanın sallanması engellenmiş olmaktadır (Taipei 101, 2015).

Biyotaklit Özellikleri: Mimar C.P.Wang, bambu (Şekil 4.12) ağaçlarından ilham almıştır (Cylee, b.t.). Bambu dışardan çok güçlü olmayan fakat esnekliğe sahip bir ağaçtır. 1 dereceye kadar eğilebilir ama kırılmaz. Bitişik halde boş bölmelerden oluşan kapalı bir tüp şeklindedir. Bu bölmeler perdeler tarafından ayrılır, böylece gövdenin güçlenmesi sağlanır. Doğanın bu çözümünden ilham alan mimar, Taipei 101'deki kolonları her 8 katta bir desteklemek için çelik demetler tasarlamıştır. Bu tasarım, güçlü sismik sarsıntılara dayanabilmektedir. Hem sağlam hem de esnek olması ve bölmelerden oluşan gövdesi, bambu ağaçlarına sağlamlık katmıştır ve Taipei 101'in tasarımına strüktürel olarak etkisi olmuştur (Taipei 101, 2015).



Şekil 4.12Taipei 101 ve Bambu (Borji, 2019)

4.1.12 Gherkin Swiss-Re Kulesi (30 St Mary Axe)

Gherkin Swiss-Re (30 St Mary Axe)'nin yapımına 2001 yılında başlanmış ve 2004 yılında tamamlanmıştır. Londra'nın ilk sürdürülebilir yüksek binası olan Gherkin Swiss-Re, Norman Foster ve ortakları tarafından tasarlanmıştır (Tablo 4.12) (Fosternadpartners, b.t.).

Tablo 4.12 Gherkin Swiss-Re Kulesi'ninTeknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2004
Mimari Tasarım	Norman Foster,Ken Shuttleworth
Lokasyon	Londra, İngiltere
Strüktür	Diagrid Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik, Beton
Fonksiyon	Karma
Esin Kaynağı	Venüs Bitkisi
Benzerlik Türü	Strüktürel
Mega YapıOlma Nedeni	Londra'nın ilk sürdürülebilir yüksek binası



Gherkin Swiss-Re Kulesi (Fosterandpartners, b.t.)

Radyal bir geometriye sahip bir planla oluşturulan bina, zirvesine doğru incelmektedir. Bu form ile bina, eşdeğer boyuttaki dikdörtgen bir bloktan daha ince görünmektedir ve tabana doğru incelmesi, kamusal alanı sokak seviyesinde maksimuma çıkarmaktadır. Aynı zamanda incelen formu sayesinde, benzer boyuttaki doğrusal bir kuleye kıyasla rüzgârgücünü azaltarak, zemin seviyesinde rahat bir ortamın korunmasına yardımcı olmakta ve bir doğal havalandırma sistemini çalıştırmak için kullanılan harici basınç farkları yaratılmaktadır (Fosterandpartners, b.t.).

Gherkin Swiss-Re diagridlerden oluşmaktadır. Alüminyum kaplı çelik diagridler ile kolonsuz bir taban ve binayı ışığa açan tamamen camlı bir cephe oluşmasınaolanak sağlanmaktadır. Her katta döndürülmüş zemin plakları ile oluşturulanatriyumlarbulunmaktadır. Bu alanlar, binanın 'ciğerleri' olarak işlev

görmektedir ve cephedeki açılır panellerden temiz havaakışı sağlamaktadır. Bu sistem, binanın klimaya olan bağımlılığını azaltmakta ve diğer sürdürülebilir önlemlerle birlikte, geleneksel olarak klimalı bir ofis kulesi tarafından tüketilen enerjinin yalnızca yarısını kullandığı anlamına gelmektedir(Fosternadpartners, b.t.).

Biyotaklit Özellikleri: Gherkin Swiss Re, venüs çiçeği bitkisinin (Şekil 4.13) altıgen strüktüründen öykünerek tasarlanmıştır. Venüs çiçeği, süngere benzer kabuk kısmı ve altıgen formu ile bulunduğu sualtı ortamında güçlü akıntıların oluşturduğu kuvveti azaltabilmektedir(Nkandu ve Alibaba, 2018).



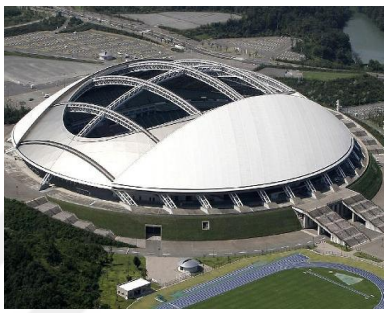
Şekil 4.13Venüs Çiçeği Bitkisi (Al-fanarmedia, 2016) ve Gherkin Swiss-Re (Archdaily,2013)

4.1.13 Oita Stadyumu

Oita Stadyumu, Kisho Kurokawa tarafından tasarlanmıştır. Stadyumun inşaatı 2001 yılında tamamlanmıştır. Üstü açılıp kapanabilen dünya üzerindeki en büyük kubbedir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13 Oita Stadyumu'nun Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2001
Mimari Tasarım	Kisho Kurokawa
Lokasyon	Oita, Japonya
Strüktür	Çelik Kafes Sistem, Betonarme
Strüktür Malzemesi	Çelik, Membran, Beton
Fonksiyon	Stadyum
Esin Kaynağı	Gözün Açılış Kapanışı
Benzerlik Türü	Fonksiyonel Benzerlik
Mega Yapı Olma Nedeni	Üstü Açılıp Kapanabilen En Büyük Kubbe



Oita Stadyumu

(Rugbyworldcup, 2018)

Kıvrımlı bir formda olduğu için kubbenin kenarı ile temelleri dar bir açıda buluşmaktadır. Bu sebeple, betondan oluşan temelde yanlara doğru basınç gerilmesi oluşmaktadır. Kubbenin duvarlarının basınç gerilmesiile çökmemesi için betondan bir gergi halkası tercih edişmiştir. Betondan oluşan gergi halkasını sağlamlaştırılması için çelik barlar kullanılmıştır (Oita Stadyum, 2022).

Stadyumun çatısında çelik kullanılmıştır. Çatının çekirdeğini 7 kiriş oluşturmaktadır. Bir çelik halka, kirişleri birbirine bağlamaktadır. Son olarak büyük bir omurga kirişi tüm parçaları birleştirip çatıyı oluşturmaktadır. Çatı kirişleri için çelik destek yerleri betonların içine gömülmüştür (Oita Stadyum, 2022).

Çatının stadyumun içindeki oyuna zarar vermeden ışık alabilmesi için cam elyaf zar kullanılmış ve üzeri zar teflon ile kaplanmıştır. Böylece, gelen ışınlar dağılabilmekte ve içerideki oyunlara engel olmamaktadır (Oita Stadyum, 2022).

Çatı elemanlarının hareketedebilmesi için 50 adet kızak tasarlanmıştır. Kızak araçları, kirişlerin üzerine inşa edilmiş raylarda kablolarla itilerek hareket etmektedir (Oita Stadyum, 2022).

Biyotaklit Özellikleri: Oita Stadyumu (Şekil 4.14), Büyük Göz olarak da bilinmektedir ve gözün açılış kapanış hareketinden esinlenerek tasarlanmıştır. Stadyumun çatısı açılır kapanırken bir insanın göz kırpmasını andırmaktadır. Açılır çatı bir göz gibi iki parça halinde inşa edilmiştir. Yapının göz gibi küre formu sayesinde stadyumun hareketli kısmı sabit kısım üzerinde gayet rahat hareket edebilmektedir ve açıldığında stadyuma hiç gölge düşmemesi için tasarlanmıştır.



Şekil 4.14 İnsan Gözü (Sonsuz Teknoloji, 2021) ve Oita Stadyumu (Intelligence-airbusds, b.t.)

4.1.14 Turning Torso

TurningTorso, İsveç'in Malmö kentinde bulunan 190 metre yüksekliğinde olan karma bir yapı olarak tasarlanmıştır. Yapının ilk iki katı ofis, diğer katlar konut olarak kullanılmaktadır. Yapının mimarı ve mühendisi Santiago Calatrava olup, tasarımcının ilk gökdelen projesidir. TurningTorso, kendi ekseni etrafında dönen ve burulan ilk gökdelendir (Tablo 4.14) (Turning Torso, 2019).

Tablo 4.14 Turning Torso'nun Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2005
Mimari Tasarım	Santiago Calatrava
Lokasyon	Malmö, İsveç
Strüktür	Betonarme Karkas, Çelik Karkas Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik, Beton
Fonksiyon	Karma
Esin Kaynağı	İnsan Omurgası
Benzerlik Türü	Biçimsel
Mega Yapı Olma Nedeni	Kendi etrafında dönerek tasarlanan ilk gökdelen



Turning Torso (Archdaily,2015)

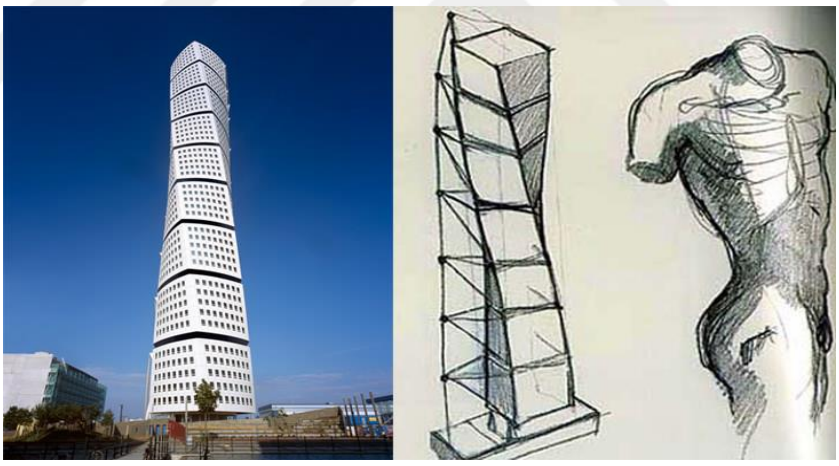
Yapı, her biri 5 kata sahip olan toplamda 9 küpten oluşmaktadır. Her katın bir diğeri üzerinde 5° döndürüldüğü ve toplamda kendi etrafında 90° döndüğü gözlemlenmektedir (Başarır ve Sev,2011).

Turning Torso'nun dairesel formda olan ve ana omurgayı oluşturan betonarme çekirdeği, ana taşıyıcı sistemi oluşturmaktadır. Betonarme çekirdek bir boru şeklinde düşünülmüştür ve iç çapı 10,6 metredir. Çekirdek yapısının duvarları katlarda farklılık göstermektedir, üst katlara çıktıkça yaklaşık 0,4 metre kalınlıkta, alt katlarda ise 2,5 metre kalınlığında olmaktadır(Turning Torso, 2019).

Merkezi çekirdek, dikey yüklerin aşağı doğru aktarılmasından sorumludur. Dikey yükler, merkezi çekirdek ve çevre omurga kolonu arasında paylaşılır. Yükler, beton döşeme plakalar boyunca yatay olarak aktarılır ve ardından da beton omurga kolonundan aşağıya yükler taşınmaktadır. Yükler, küp içindeki en alt kata ulaşana kadar yapısal çelik boyunca hareket etmeye devam etmektedir (Başarır ve Sev,2011).

Turning Torso'da ana omurga betonarme çekirdekten oluşsa da çelik kafes de destekleyici olması için tasarlanmıştır. Bu kafesin dış iskeleti oluşturduğu görülürken her katta kolonları çapraz çelik strüktürel elemanlarla bağlamaktadır. Çelik kafes, yapı ile birlikte burkulmaktadır ve asıl görevi yapıyı yatay yüklere karşı korumaktır (Turning Torso, 2019).

Biyotaklit Özellikleri: Turning Torso (Şekil 4.15), hareket halindeki insan formundan ilham alınarak tasarlanmıştır.



Şekil 4. 15TurningTorso ve Hareket Eden İnsan Formu (Forum.skyscraperpage, 2008)

4.1.15 Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi

PTW Mimarlık tarafından tasarlanan Ulusal Su Sporları Merkezi'nin yapımına 2003 yılında başlanmış olup 2008 yılında tamamlanmıştır. Toplamda 6 kattan oluşmaktadır. Yapının 4 katı zemin üstünde, 2 katı zemin altında tasarlanmıştır. Dünyada üstü tamamen kapalı ve halka açık tek su sporları merkezi olan yapının alanı toplamda 70.000 m²'dir (Tablo 4.15) (Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi, 2015).

Tablo 4.15 Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi'nin Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2008
Mimari Tasarım	PTW Mimarlık
Lokasyon	Pekin, Çin
Strüktür	Uzay Kafes Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik
Fonksiyon	Su Sporları Merkezi
Esin Kaynağı	Sabun Köpüğü
Benzerlik Türü	Stürüktürel Benzerlik
Mega Yapı Olma Nedeni	Üstü ETFE kaplı en büyük yapı



Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi (Arup, b.t.)

Strüktürel tasarımı yapan ARUP firmasının oluşturduğu bir analiz programı ile yapının taşıyıcı sistemi tasarlanmıştır ve uzay kafes sistem kullanılmıştır. Strüktür incelendiğinde, yapının 6.500 ton çelikten oluşmakta olduğu ve toplamda 22.000 adet çelik eleman ve 12.000 adet düğüm noktası ile tasarlandığı görülmektedir (Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi, 2015).

Ulusal Su Sporları Merkezi'nin kabuğundaETFE (Etilen Tetra Flor Etilen) kullanıldığı belirtilmiştir. Bu malzeme camın %1'i ağırlığındadır. Güneş enerjisinin yaklaşık %20'si tutulmakta ve ısıtma için kullanılmaktadır (Arup,b.t.). ETFE (Etilen Tetra Flor Etilen) malzemesi, güneş ışınlarından gelen zararlı ultraviole ışınlara karşı koyabilmektedir. Aynı zamanda camdan daha saydam olan yapısı ile yapıya güneş ışığını yeterli derecede alıp, enerji kaybını engellemektedir. Kübün içine girmesine

izin verilen gün ışığı, havuz salonu için gereken aydınlatma enerjisinden %55'e varan tasarruf sağlamaktadır(Arup, b.t.).

Biyotaklit Özellikleri: Binanın formu, sabun köpüğünün (Şekil 4.16) doğal oluşumundan ilham almıştır. Arup'un tasarımcıları ve yapı mühendisleri, bu geometriye dayalı bir yapının, organik ve rastgele görünürken tekrarlanabilir ve inşa edilebilir olacağını fark etmişlerdir ve Ulusal Su Sporları Merkezi'nde sabun köpüğünden ilham alınmıştır (Arup, b.t.).



Şekil 4.16 Sabun Köpüğü(Muhendisbeyinler,2017) ve Ulusal Su Sporları Merkezi (v3.Arkitera, 2008)

4.1.16 Pekin Ulusal Stadyumu

80.000 kişilik Pekin Uluusal Stadyumu'nun yapımına 2003 yılında başlanıp 2008 yılında bitirilmiştir. Mimari tasarımını Herzog& De MeuronArchiteckten yaparken, strüktürel tasarımı OveArup'a aittir. Yapı, 327 metre uzunluğunda 297 metre genişliğinde eliptik bir formdan oluşmaktadır. Dünyada ilk defa bu kadar çelik kiriş bükülerek ve burkularak bir araya getirilmiştir (Tablo 4.16) (Pekin Ulusal Stadyumu, 2015).

Tablo 4.16 Pekin Stadyumu'nun Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2008
Mimari Tasarım	Herzog & De Meuron Architekten
Lokasyon	Pekin, Çin
Strüktür	Betonarme Karkas, Çelik Karkas Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik, Betonarme
Fonksiyon	Stadyum
Esin Kaynağı	Kuş Yuvası
Benzerlik Türü	Strüktürel
Mega Yapı Olma Nedeni	İlk defa bükülen çelik kirişlerden tasarlanan yapı



Pekin Ulusal Stadyumu(Arkitera,2008)

Stadyum,betonarme yapıdan ve cephesinde bulunan bükülmüş çelik kirişlerden oluşmaktadır. Betonarme yapı altı farklı parçadan oluşmaktadır ve bu parçalar birbirinden bağımsız hareket etmektedir. Stadyum, deprem bölgesinde olduğu için çelik ile betonarme yapının bağlantısıkesilmiştir, böylece herhangi bir deprem durumunda betonarme kısma zarar gelmeyecektir. Çelik kirişlerin formu nedeniyle, yapının cephesi açık olup doğal havalandırmaya olanak sağlamaktadır (Pekin Ulusal Stadyumu, 2015).

Toplamda 24 adet kolon stadyumun etrafına yerleştirilmiştir ve kolonların arasına ikincil kirişler konulmuştur. Üçüncül kirişler ile bütün kirişlerin birbiriyle bağlantısı sağlanmaktadır. Kirişlerden hiç biri düz değildir. Yapının çatısı, yağmur ve rüzgârkorunması sağlanabilmesi için ETFE (Etilen Tetra Flor Etilen) ile kaplanmıştır (Pekin Ulusal Stadyumu, 2015).

Biyotaklit Özellikleri: Pekin Ulusal Stadyumu'nun (Şekil 4.17) kabuğu kuş yuvalarından esinlenilerek yapılmıştır (Kuday,2009). Kuşlar, çevrelerindeki otları toplayarak ve bir araya getirerek yuvalarını oluşturmaktadırlar. Bu yuvalardan esinlenilerek Pekin Ulusal Stadyum'u tasarlanmıştır (Pekin Ulusal Stadyumu, 2015).



Şekil 4.17 Kuş Yuvası (Bilimvegelecek, 2022) ve Pekin Uluslararası Olimpiyat Stadyumu(Arquitecturaviva, 2023)

4.1.17 Aldar Merkez Binası

Toplamda 61.900 m² kullanım alanına sahip Aldar Merkez Binası, Abu Dabi'de yer almaktadır. Yapı, MZ Architects tarafından tasarlanmış ve yapımına 2007 yılında başlanıp 2010 yılında tamamlanmıştır. Merkez Binası, 110 metre yükseklik ile Dünya'nın ilk dairesel gökdelenidir. Yapımında çelik ve betonarme karkas sistem kullanılmıştır (Tablo 4.17) (Aldar Merkez Binası, 2018).

Tablo 4.17 Aldar Merkez Binası'nın Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2010
Mimari Tasarım	MZ Architects
Lokasyon	Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri
Strüktür	Diagrid ve Betonarme Karkas Sistem
Strüktür Malzemesi	Çelik, Betonarme
Fonksiyon	Karma
Esin Kaynağı	İstiridye Kabukları
Benzerlik Türü	Biçimsel
Mega Yapı Olma Nedeni	Dünyanın ilk dairesel gökdeleni



Aldar Merkez Binası (Archdaily, 2012)

Gökdelenin yapımı sırasında birçok sorunla karşılaşılmıştır. Bunlardan bir tanesi, gökdelenin yapay ada üzerinde olmasıdır. Yapı 400 adet betonarme kolonla, yüzey sürtünme kuvvetinden yararlanılarak ayakta durmaktadır. Gökdelenin stürüktürel tasarımı ARUP firmasına aittir, betonarme perdelerden oluşan çift çekirdek ve çelik diagridler yapının taşıyıcı sistemini oluşturmaktadır. Gökdelenin merkezinde bulunun çift çekirdek yapının rüzgârdan ve yanal yüklerden en az şekilde etkilenmesi için tasarlanmıştır (Aldar Merkez Binası, 2018).

Yapıda strüktür malzemesi olarak 6.400 ton çelik ve 25.000 m³ beton kullanılmıştır. Çelik diagridler, gökdelenin cephesinde bulunmaktadır. Diagridler gelen yükleri çekirdeğe aktarmaktadırlar (Aldar Merkez Binası, 2018).

Biyotaklit Özellikleri: Aldar Merkez Binası (Şekil 4.18), istridye kabuklarının formundan ilham alınarak tasarlanmıştır (Aldar Merkez Binası, 2018).



Şekil 4.18 İstiridye Kabuğu (Wallpaperflare, b.t.) ve Aldar Gökdeleni (Building.co, 2010)

4.1.18 Canton Televizyon Kulesi

Canton Televizyon Kulesi, Mark Hemel ve Barbara Kuit tarafından Çin'de tasarlanmıştır. Yapımına 2005 yılında başlanan kule, 2010 yılında tamamlanmıştır ve dünyanın en uzun kulesi ünvanına sahip olmuştur (Tablo 4.18).

Tablo 4.18 Canton Televizyon Kulesi'nin Teknik Özellikleri ve Mega Yapı Olma Nedeni

Yapım Yılı	2010
Mimari Tasarım	Mark Hemel, Barbara Kuit
Lokasyon	Guangdong, Çin
Strüktür	Çelik Karkas, Betonarme Karkas
Strüktür Malzemesi	Çelik, Betonarme
Fonksiyon	Televizyon Kulesi
Esin Kaynağı	Kadın Vücudu
Benzerlik Türü	Biçimsel
Mega Yapı Olma Nedeni	Dünyanın en uzun kulesi



Canton Televizyon Kulesi(Skyscrapercenter, b.t.)

Yapı, nehir kenarında bulunduğu için, temel kazısının üstünde çokça su basıncı bulunmaktadır. Temel, iki parça halinde inşa edilmiştir. Beton çekirdek, ana kayaya oturtulan bir taban üzerinde tasarlanmıştır. Yapının çelik strüktürünün temeli için daha alt kotlara inilmiştir. Merkezin etrafında şaft kazılmış ve bu şaftlar beton halkalarla kapatılmıştır (Canton Televizyon Kulesi, 2018).

Kule, iki çemberin çelik kolonlar ile tutturulmasıyla oluşturulmuştur. Kulenin merkezine asansörleri ve merdivenleri barındıracak içi boş beton çekirdek yerleştirilmiştir. Beton çekirdeğin etrafı çelik sütunlarla çevrilidir. Mimarlar, iki çemberi birbirine karşı döndürerek kuleyi tasarlamışlardır. Fakat yapıda oluşan bel çizgisi yapının en zayıf noktasını oluşturmaktadır. Kulede, sütunların içlerine çelik halatlar eklenmiştir. İnce olan bel kısmında çelik halatlar daha sık konulmuştur (Canton Televizyon Kulesi, 2018).

Biyotaklit Özellikleri: Canton Tv Kulesi (Şekil 4.19), daha zarif ve ince olabilmesi için elbise giyen kadın vücudundanesinlenilmiştir (Canton Televizyon Kulesi, 2018).



Şekil 4.19Geleneksel Elbise Giymiş Kadın Vücudu(Pinterest, b.t.) ve Canton Tv Kulesi (Tripadvisor, 2015)

4. 2. Biyotaklit Tasarım Yöntemi İle Tasarlanan Mega Yapıların Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında, farklı fonksiyonlara sahip biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan mega yapılar, Vitrivius'un başarılı mimarlık için tanımladığı form, fonksiyon ve strüktürel benzerlik üçlüsü sonucu önerilen yeni bir sınıflandırma önerisi ile incelenmiştir.

Bu doğrultuda seçilen bir kentin ya da ülkenin simgesi olanmega yapılar ile sınırlandırılmış 18 adet örneğin özellikleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu yapıların tablolarında bulunan özellikleranaliz edilmiş ve tez kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Mega yapılar analiz edilirken tezin dördüncü bölümünde bulunan tablolardan faydalanılmıştır. Ele alınan örnekler, yapım yılı, mimari tasarımı, lokasyonu, strüktürel sistemi, strüktürel malzemesi,fonksyionu, esin kaynağı, benzerlik türü ve mega yapı olma nedeni başlıkları altında karşılaştırılmıştır (Tablo 4.19).

Tablo 4.19 Çalışma Kapsamında İrdelenen Örnek Projeler ile İlgili Bilgiler

BİNA ADI	YAPIM YILI	MİMARİ TASARIM	LOKASYON	STRÜKTÜR	STRÜKTÜR MALZEMESİ	FONKSİYON	ESİN KAYNAĞI	BENZERLİK TÜRÜ	MEGA YAPI OLMA NEDENİ
Keops Piramidi	M.Ö. 2500	-	Kahire, Mısır	Yığma	Granit, Kireç Taşı	Anıt Mezar	Dağ	Biçimsel	Dünyanın en büyük piramidi
La Sagrada Familia	1882-	Antoni Gaudi	Barcelona, İspanya	Yığma	Taş	Kilise	Ağaç Gövdeleri	Strüktürel	Dünyanın en uzun kilisesi
Hoover Barajı	1935	Henry J. Kaiser Gordon Kaufmann	Nevada, Amerika	Betonarme Karkas Sistem	Beton	Baraj	Kunduzların suda yuva yapımı	Fonksiyonel	Dünyanın en büyük barajı
Batı Alman Pavyonu	1967	Gurbord, Kendel	Almanya	Kablo Ağı Sistem	Çelik Ağ	Pavyon	Örümcek Ağı	Strüktürel	İlk kablo ağı kullanılarak tasarlanan üst örtü
Montrel 1967 A.B.D. Pavyonu	1967	Buckminister Fuller	Amerika Birleşik Devletleri	Jeodezik Kubbe	Çelik	Pavyon	Radiolaria	Strüktürel	Dönemini n en büyük jeodezik kubbesi
Osaka 1970 A.B.D. Pavyonu	1970	Davis, Brody, Chermaurff, Geismar ile deHarak	Amerika Birleşik Devletleri	Kablo Destekli Pnömatik Sistem	Çelik Kablo Ağı,	Pavyon	Sabun Köpüğü	Strüktürel	En büyük açıklık geçen hava destekli kablo çatı

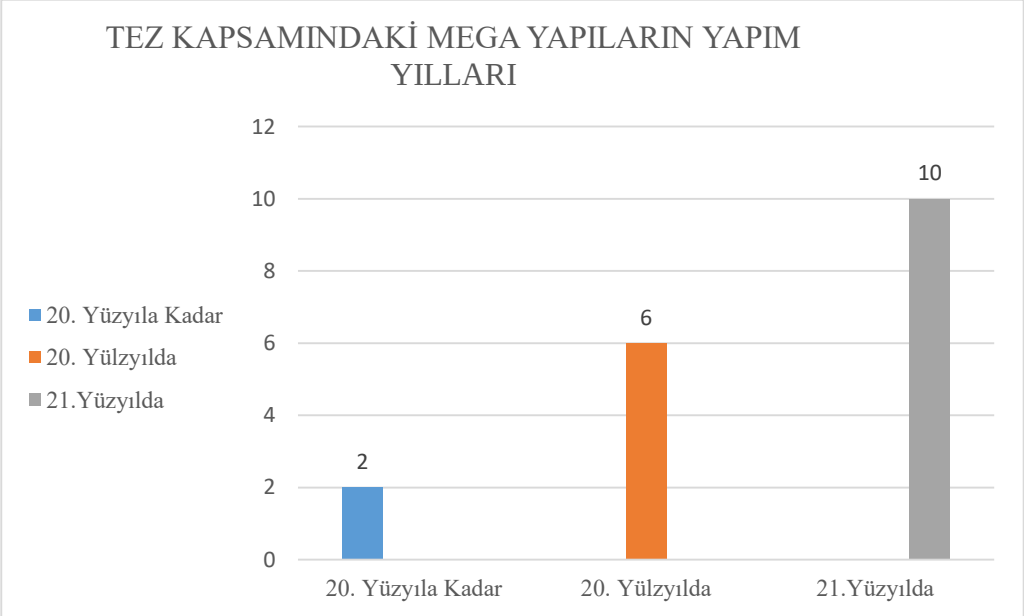
Tablo 4.19 Çalışma Kapsamında İrdelenen Örnek Projeler ile İlgili Bilgiler Devamı

Sidney Opera Binası	1973	John Utzon	Sydney, Avustralya	Betonarme Kabuk Sistem	Beton, Cam	Opera Salonu	Portakal	Strüktürel	İlk defa bilgisayar programı ile tasarlanan yapı
Waterloo Tren İstasyonu	1993	Nicholas Grimshaw	Londra, İngiltere	Çelik Karkas Sistem	Çelik	Tren İstasyonu	Pangolin	Fonksiyonel	Parametrik tasarım uygulanan ilk tren istasyonu
Burj Al Arab	2000	Tom Wright	Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri	Betonarme ve Çelik Karkas Sistem	Çelik, Beton, Membran	Otel	Rüzgârda Kabarmış Yelkenli	Biçimsel	Yedi yıldızlı ilk otel, dönemin en yüksek oteli
Eden Projesi	2001	Nicholas Grimshaw & Partners, Michael Pawlyn	Cornwell, İngiltere	Jeodezik Kubbe	Çelik	Sera	Sabun Köpüğü	Biçimsel	Dünyanın en büyük serası
Taipei 101	2001	C.Y. Lee & Partners Architects/Planners	Taipei, Tayvan	Betonarme Karkas Sistem ve Çelik Karkas Sistem	Beton, Çelik,	Finans Merkezi	Bambu	Strüktürel	Yapıldığı dönemin en uzun gökdeleni
Oita Stadyumu	2001	Foster and Partners	Oita, Japonya	Çelik Kafes Sistem, Betonarme	Çelik, Membran, Beton	Stadyum	Göz	Fonksiyonel	Üstü Açılıp Kapanabilen En Büyük Kubbe
Gherkin Swiss- Re Kulesi	2004	Norman Foster, Ken Shuttleworth	Londra, İngiltere	Çelik Karkas Sistem ve Diagrid	Çelik, Beton	Karma	Venüs Bitkisi	Strüktürel	Londra'nın ilk sürdürülebilir yüksek binası
Turning Torso	2005	Santiago Calatrava	Malmö, İsveç	Betonarme ve Çelik Karkas Sistem	Çelik, Beton	Karma	İnsan omurgası	Biçimsel	Kendi etrafında dönerek tasarlanan ilk gökdelen
Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi	2008	PTW Mimarlık	Pekin, Çin	Uzay Kafes Sistem	Çelik	Su Sporları Merkezi	Sabun Köpüğü	Strüktürel	Üstü ETFE kaplı en büyük yapı
Pekin Ulusal Stadyumu	2008	Herzog & De Meuron Architekten	Pekin, Çin	Çelik Karkas Sistem	Çelik, Beton	Stadyum	Kuş Yuvası	Strüktürel	İlk defa bükülen çelik kirişlerden tasarlanan yapı
Aldar Merkez Binası	2010	MZ Architects	Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri	Çelik Karkas Sistem, Betonarme	Çelik, Beton	Karma	İstridye Kabukları	Biçimsel	Dünyanın ilk dairesel gökdeleni
Canton Tv Kulesi	2010	Mark Hemel, Barbara Kuit	Guangdong, Çin	Çelik Karkas Sistem, Betonarme	Çelik, Betonarme	Televizyon Kulesi	Kadın Vücudu	Biçimsel	Dünyanın en uzun kulesi

4. Bölümde, seçilmiş olan 18 adet biyotaklit tasarım yöntemi ile tasarlanan mega yapı örnekleri üzerinde yapılan analizlerin ve tablolarının ışığında aşağıda belirtilen sonuçlara varılmıştır:

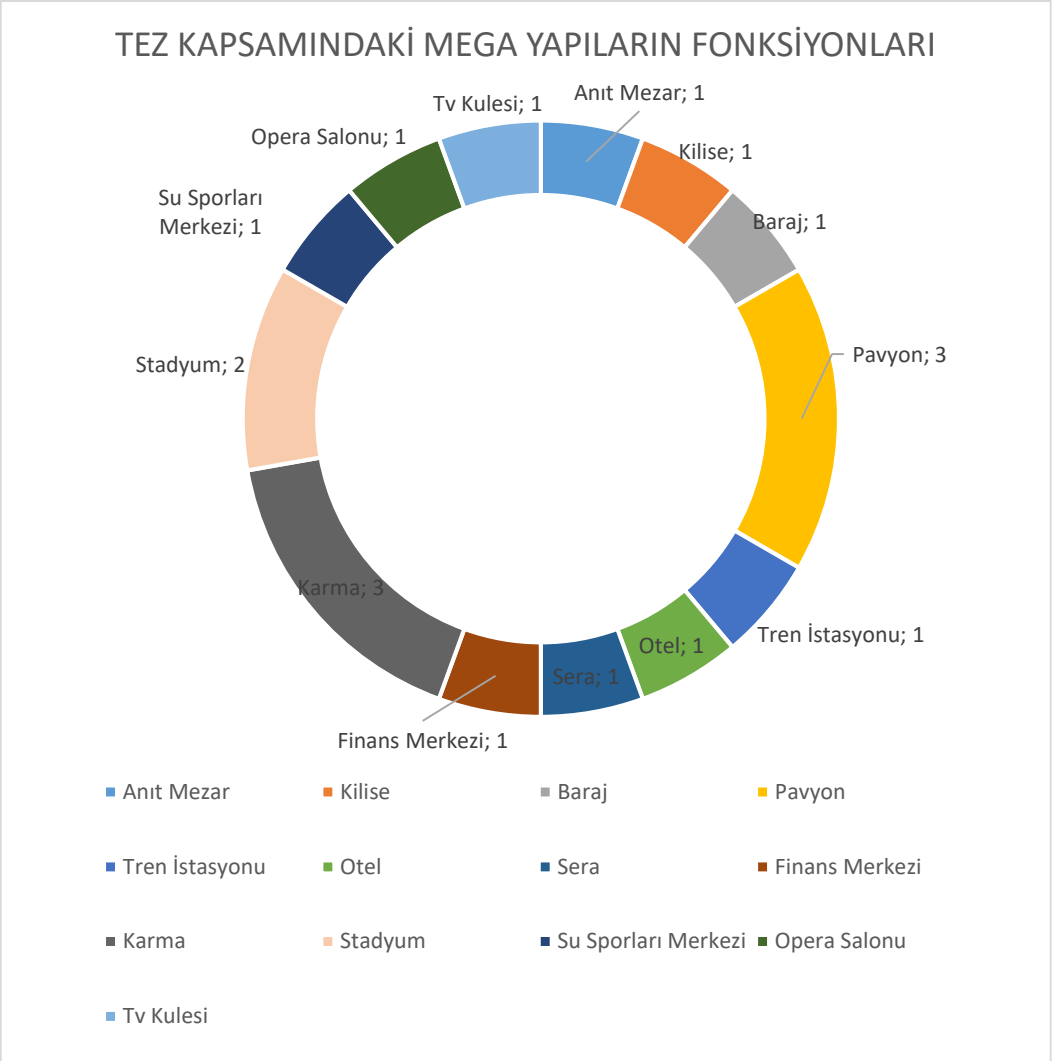
Tez kapsamındakimega yapı örnekleri yapım yılları açısından (Şekil 4.20) incelendiğinde, yapıların M.Ö. 2500 ile 2010 yılları arasında yapıldığı görülmektedir.

Bu yapılardan en eskisi M.Ö. 2500 yıllarındayapılan Keops Piramidi'dir. 20.yüzyıldan önce 2 adet yapı karşımıza çıkarken, 20 yüzyılda 6 adet, 21. yüzyılda ise10 adet mega yapıtasarlandığı görülmüştür. Yapılardan en yenisi 2010 yılında tamamlanan Canton Tv Kulesi'dir.Biyotaklit tasarım yönteminin tarih öncesi dönemlerden günümüze kadar tercih edildiği görülmektedir. Günümüzde meydana gelen teknolojik gelişmeler sayesinde biyotaklit tasarım yönteminin daha fazla hayatımıza adapte olduğu görülmektedir.



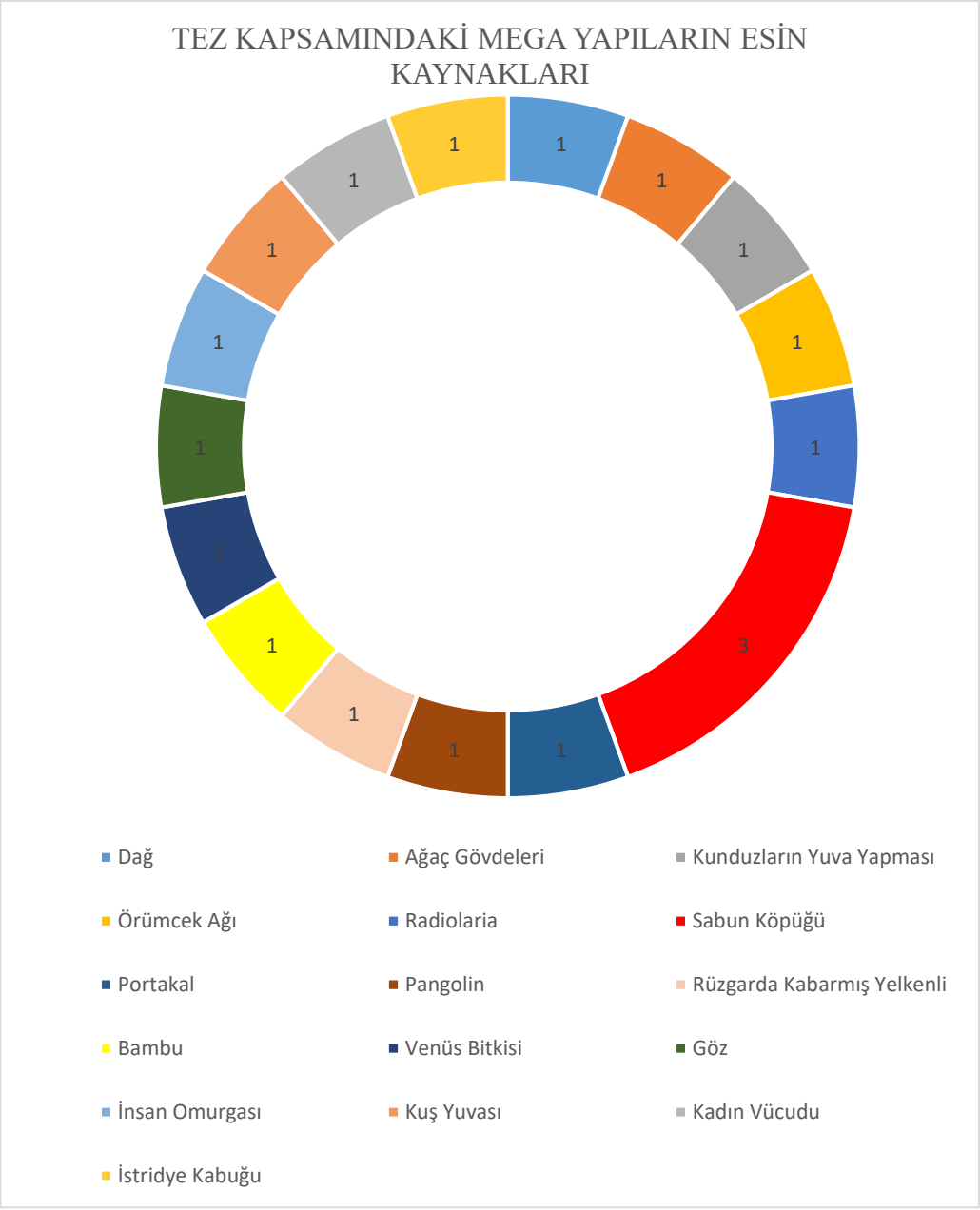
Şekil 4.20 Mega yapıların yapım yılları

Mega yapıların fonksiyonlarına bakıldığında (Şekil 4.21), 3 adet karma yapı, 3 adet pavyon, 2 adet stadyum, anıt mezar, kilise, baraj, opera salonu, tren istasyonu, sera, finans merkezi, su sporları merkezi, televizyon kulesiolduğu görülmüştür. En çok tercih edilen fonksiyon karma yapı ve pavyonlardır fakat fonksiyon gözetmeksizin biyotaklit tasarım yönteminin tüm yapılarda kullanılabildiği görülmektedir.



Şekil 4.21Mega Yapıların Fonksiyonları

18 adet tez kapsamındaki mega yapının esin kaynakları incelendiğinde (Şekil 4.22), Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi, Eden Projesi ve Osaka 1970 Pavyonu için sabun köpüğünden ilham aldığı görülmektedir. Diğer yapılarda, dağ, ağaç gövdeleri, kunduzların yuva yapışı, deniz kabuğu, pangolin, rüzgârda kabarmış yelkenli, bambu, venüs bitkisi, göz açılış kapanışı veya insan omurgasından öykünerek tasarlandığı belirlenmiştir. Tasarımcılar için doğa bir esin kaynağıdır ve tüm oluşumların form, fonksiyon veya strüktürlerinden yararlanmaimkânına sahip oldukları görülmektedir.



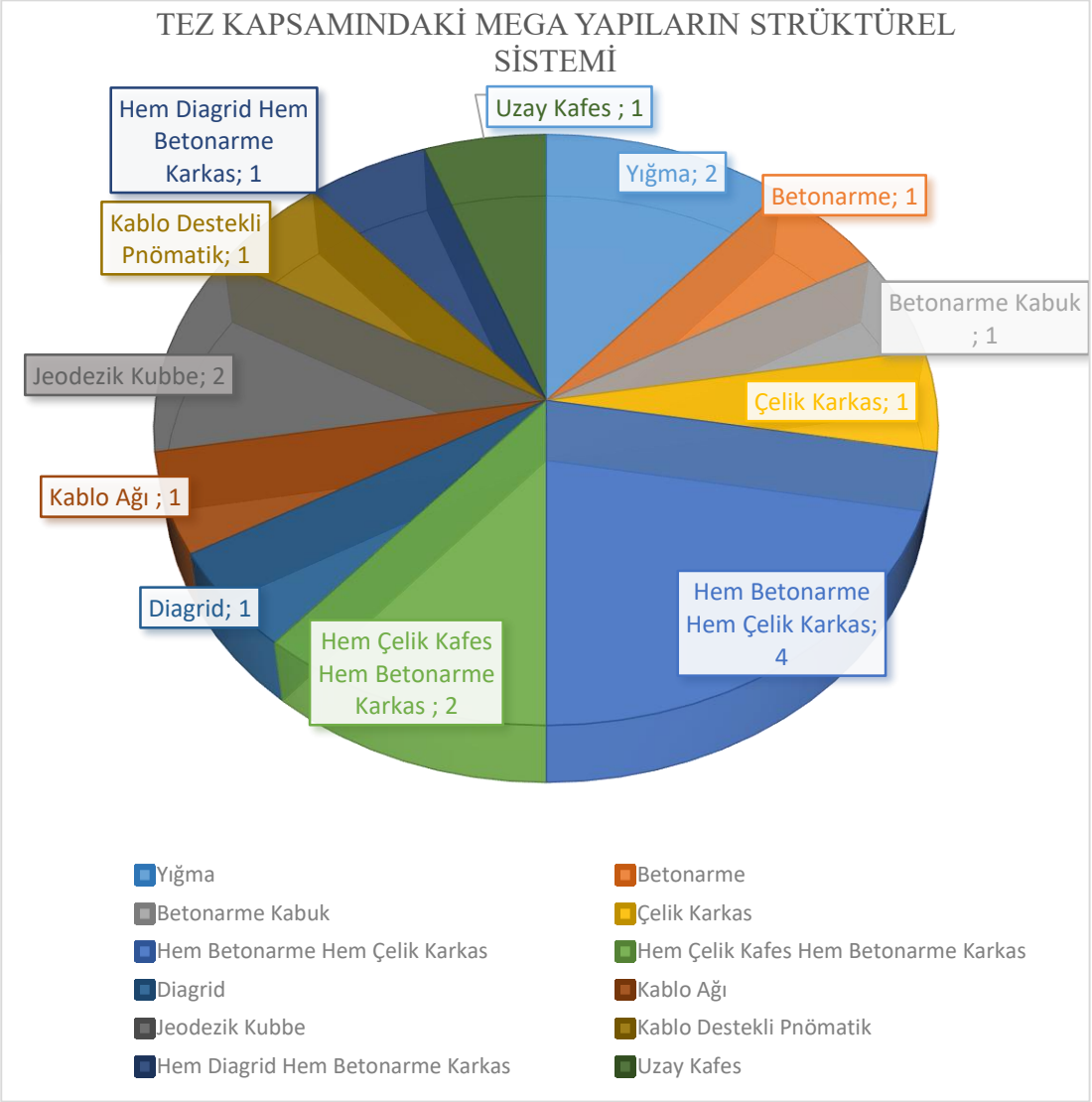
Şekil 4.22 Mega Yapıların Esin Kaynakları

Tez kapsamında seçilen mega yapı örneklerinin strüktürel sistemleri (Şekil 4.23) incelendiğinde; 4 örnek ile betonarme ve çelik karkas sisteminin birlikte çalıştığı sistemlerin mega yapılarda en fazla kullanılan sistem olduğu belirlenmiştir.

Strüktür malzemeleri incelendiğinde, 14 yapı ile en çok kullanılan malzemenin çelik olduğu, 10 yapı ile ikinci sırada beton olduğu görülmektedir. 2 yapıda taş

kullanılırken, 8 yapıda beton ve çelik malzemelerinin birlikte kullanıldığı görülmektedir.

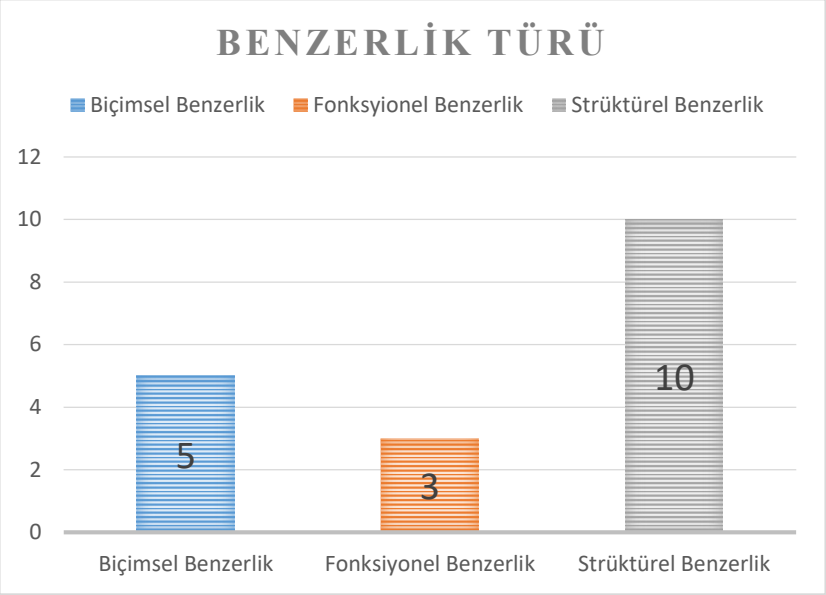
Eden Projesi, Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi ve Pekin Ulusal Stadyumu yapılarının kabuğunda ETFE, Oita Stadyumu, Burj Al Arab'da membran, diğer tüm örneklerde cam kullanıldığı fark edilmiştir.



Şekil 4.23 Mega Yapıların Strüktürel Sistemi

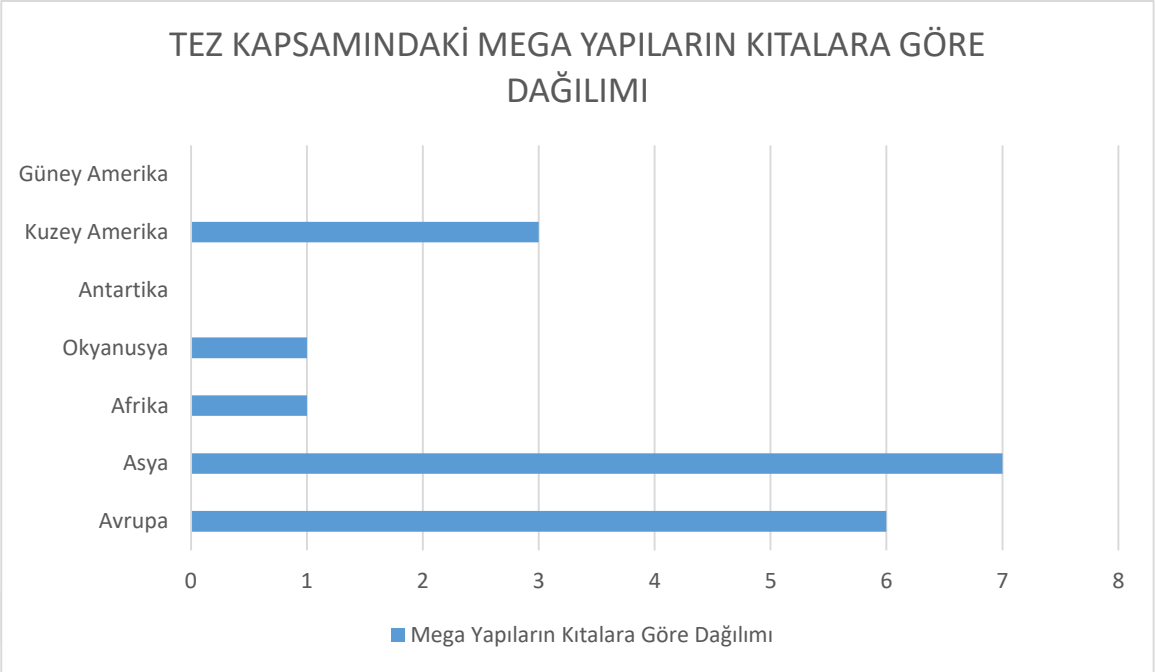
Bu tezin önermesi olarak sunulan yeni bır sınıflandırma ile oluşan form, fonksiyon ve stürüktürel benzerlik incelemesi sonucunda (Şekil 4.24), 5 adet

biçimsel, 3 adet fonksyionel, 10 adet strüktürel olarak mega yapılarda doğadan öykünme olduğu görülmektedir.



Şekil 4.24 Mega yapıların Benzerlik İncelemesi

Tez kapsamındaki Mega yapıların, lokasyonlarına göre dağılımı incelenecek olursa (Şekil 4.25); en çok bulunduğu kıta, 7 adet ile Asya'dır. Avrupa 6 adet mega yapı ile ikinci sırada olmaktadır. Güney Amerika ve Antartika'da biyotaklit tasarım yöntemi ile bir mega yapı tasarlanmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.25Mega Yapıların Kıtalara Göre Dağılımı

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ

Tez kapsamında, Vitrivius'un başarılı mimarlık tanımı sonucunda form, fonksiyon ve strüktürel olarak üç başlık altında bir sınıflandırma önerisi yapılmış ve farklı fonksiyonlara sahip 18 adet mega yapı seçilerek önerilen sınıflandırma kapsamında incelenmiştir.

Seçilen örneklerin analizi sonucunda, en çok yapı, Asya'da bulunmaktadır. Asya kıtasında bulunan, Çin, Birleşik Arap Emirlikleri, Tayvan gibi ülkeler, son yıllarda önemli bir ekonomik büyüme, kentleşme yaşamaktadır. Aynı şekilde ülkelerin turistik anlamda ön planda olma politikaları sebebi ilebu ülkelerdeki mega yapı gelişiminde bir artışolduğu düşünülmektedir.

Mega yapıların, yapım yılları incelendiğinde,doğadan ilham alarak, yenilikçilik, sürdürülebilirlik ve problem çözme olgusunun M.Ö. zamanlara kadar dayandığı görülmektedir. Günümüzde de bu olgunun devamlılığının olduğu ve son teknolojik gelişmeler ile daha da arttığı belirtilmiştir.

Mega yapılarda, tasarımlarına, amaçlarına ve mühendislik gereksinimlerine bağlı olarak farklı yapısal sistemler kullanılmaktadır. Yapısal sistem seçimi, mega yapının özel gereksinimleri, mimari tasarım amacı, bütçe, inşaat yöntemleri ve saha koşulları dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Tez kapsamında incelenen örneklerde, en çok kullanılan sistem betonarme karkas ve çelik karkas sistemin birlikte olduğu örneklerdir. Bu yapılarda, ağır yükleri taşıyabilecek, çeşitli kuvvetlere dayanabilecek, çeşitli yükseklik ve çeşitli açıklık geçmek için rijit bir karkas oluşturan çelik veya betonarme sistemleri tercih edilmektedir.

İncelenen örneklerin esin kaynaklarına bakıldığında, en çok sabun köpüğünün tercih edildiği görülmektedir. Sabun köpüğü, belirli bir hacim için minimum yüzey alanına sahiptir ve bu sayede, yapısal olarak verimli tasarımların oluşmasına yol açabilir. Bu özellik, yapının toplam ağırlığını azaltarak ve kaynak kullanımını en aza

indirerek, mega yapılarda hafif malzemelerin ve inşaat tekniklerinin geliştirilmesine ilham verdiği görülmektedir.

Mega yapıların fonksiyonları ele alındığında, birkaç işlevi tek bir yapı içinde birleştiren karma kullanım konseptinin benimsendiği görülmektedir. Konut, ticari, kültürel ve rekreasyon alanlarını entegre ederek insanların yakın çevrede yaşayabileceği, çalışabileceği, alışveriş yapabileceği ve sosyalleşebileceği canlı kentsel ortamlar yaratılmıştır. Mega yapılar ayrıca çeşitli amaçlar içinuluslararası fuarlarda pavyon olarak tasarlanmakta ve kullanılabilmektedir. Bu pavyonlar, bir ülke veya kuruluşun kültürünü, başarılarını ve yeniliklerini sergilemektedir.

Tez çalışmasının önermesi olarak sunulan yeni bir sınıflandırma sonucunda en çok tercih edilen benzerlik türü, strüktürel tasarım olmuştur. Doğa, yapısal tasarım sanatını en elverişli şekilde tasarlayarak, hafif, güçlü ve esnek sistemler ortaya çıkarmaktadır.

Mimari tasarımlarda sürdürülebilir ve yenilikçi çözümlerin arayışı, tasarımcıları ilham kaynağı olarak doğaya dönmeye yöneltmiştir. Doğanın tasarım ilkelerini taklit etme uygulaması olarak da tanımlanan biyotaklit,çevreye duyarlı ve verimli mega yapılar tasarlamak için önemli bir yaklaşım sunmaktadır. Bu tez, biyotaklit tasarım yönteminin mega yapı tasarımına olan entegrasyonunu form, fonksiyon ve strüktürel olarak yeni bir sınıflandırma kapsamında incelemekte, sürdürülebilirliği artırmada ve doğal çevreleriyle bir arada var olan uyumlu yapılar yaratma potansiyelini vurgulamaktadır.

Literatür taraması sonucu ortaya çıkan Ilaria Mazzoleni ve Pedersen Zari'nin sınıflandırma öneri incelenmiştir. Mazzoleni'nin sınıflandırmasında, sadece hayvanlardan ilham alınabileceği vurgulanırken bu yönde örnekler gösterilmiştir. Öte yandan, Zari doğadaki tüm oluşumlara odaklanarak, mikro ölçekten makro ölçeğe geçen farklı bir sınıflandırma önerisinde bulunmuştur ve biyotaklit kavramını organizma, davranış ve ekosistem olarak sınıflandırmıştır . Bu tezin önermesi olan sınıflandırmada ise doğadaki canlı ve cansız tüm oluşumların ilham kaynağı

olabileceği vurgulanmış ve bu yönde örnekler incelenmiştir. Biyotaklit tasarım yönetimi sınıflandırması ise biçimsel, fonksiyonel ve strüktürel olarak yapılmıştır.

Mimarlar ve mühendisler, doğanın milyarlarca yıllık araştırma ve geliştirme çalışmalarından öğrenerek, çevreyle sorunsuz bir şekilde uyum sağlayan, kaynak kullanımını optimize eden ve enerji verimliliğini artıran mega yapılar oluşturabilirler. Biyotaklit tasarım yönteminin mega yapı tasarımına entegrasyonu, yapılı çevremizin doğal dünyayla uyum içinde bir arada var olduğu bir geleceği şekillendirme gücüne sahiptir ve gelecek nesiller için sürdürülebilir ve dayanıklı bir geleceği teşvik etmektedir.

KAYNAKLAR

Aa. (15 Nisan 2022). *"Gül kırmızısı şehir" dünya harikası: Petra.* https://www. aa. com. tr/tr/dunya/gul-kirmizisi-sehir-dunya-harikasi-petra/2564282

Abdel-Rahman, W. S. M. (2021). Thermal performance optimization of parametric building envelope based on bio-mimetic inspiration. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1133-1142.

Ahirzaman. (25 Kasım 2021) *Kemiklere Dayanıklılık Kazandıran Yapı.* https://ahirzaman. page/post/1342/kemiklere-dayaniklilik-kazandiran-yapi

Aldar Merkez Binası, (2 Ocak 2018). *Megayapılarlar: Aldar Gökdeleni – National Geographic* [Video] https://www. youtube. com/watch?v=Y-mgYTjRtWw&ab_channel=zamiacoxy

Aldersey-Williams, H. , (2003) Zoomorphic: *New Animal Architecture*(1. Baskı) Laurence King Publishing.

Al-fanarmedia. (10 Şubat 2016). *Researchers Search Arabian Waters For Cancer Treatments.*https://www.al-fanarmedia.org/2016/02/researchers-search-arabian-waters-for-cancer-treatments/

Allaboutbirds. (4 Mayıs 2020). *How to photograph birds ın flight.* https://www. allaboutbirds. org/news/how-to-photograph-birds-in-flight/

Alyasiri, Z. (2020). *Advanced architecture design strategy based on biomimicry towards high- performance design in high-rise buildings*,[Yüksek Lisans Tezi]. Yaşar Üniversitesi.

Antiktarih. (17 Ağustos 2018). *Giza Piramitleri ve Büyük Giza Sfenksi.* http://www. antiktarih. com/2018/08/17/giza-piramitleri-ve-buyuk-giza-sfenksi/

Arch365bilgi. (3 Mayıs 2017). *Frei Otto – Münih Olimpiyat Stadyumu.* http://arch365bilgi. blogspot. com/2017/05/frei-otto-munih-olimpiyat-stadyumu-otto. Html

Archdaily. (10 Eylül 2018). *Grimshaw's Next Eden Project Could be in the North of England.* https://www. archdaily. com/901136/grimshaws-next-eden-project-could-be-in-the-north-of-england?ad_medium=gallery

Archdaily. (17 Şubat 2019). *7 Rejected Proposals for Sydney Opera House.* https://www. archdaily. com/911580/7-rejected-proposals-for-sydney-opera-house?ad_medium=gallery

Archdaily. (17 Temmuz 2012). *Gardens by the Bay / Grant Associates.* https://www. archdaily. com/254471/gardens-by-the-bay-grant-associates/5031b30f28ba0d1830000e23-gardens-by-the-bay-grant-associates-image?next_project=no

Archdaily. (23 Ekim 2017). *Gallery of Burj Khalifa.* https://www. archdaily. com/882100/burj-khalifa-som?ad_medium=gallery

Archdaily. (27 Nisan 2015). *AD Classics: German Pavilion, Expo '67 / Frei Otto and Rolf Gutbrod*. https://www. archdaily. com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod

Archdaily. (28 Nisan 2018). *Capital Gate / RMJM.* https://www. archdaily. com/889854/capital-gate-rmjm/5a965281f197ccd4d00000db-capital-gate-rmjm-image

Archdaily. (3 Ağustos 2013). *The Legacy of London's Skyscraper Boom* https://www.archdaily.com/410333/the-legacy-of-london-s-skyscraper-boom

Archdaily. (4 Haziran 2012). *Al Dar Headquarters / MZ Architects.* https://www. archdaily. com/240524/al-dar-headquarters-mz architects/5018400f28ba0d33a8000256-al-dar-headquarters-mz-architects-image

Archdaily. (5 Eylül 2012). *Al Bahar Towers Responsive Facade / Aedas.* https://www. archdaily. com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas

Archdaily. (5 Temuuz 2013). *AD Classics: The Crystal Palace / Joseph Paxton.* https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace josephpaxton/51d4964db3fc4b9e0f0001cf-ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton-image

Archdaily. (6 Ağustos 2015). *Santiago Calatrava's Turning Torso Wins CTBUH's 10 Year Award.*https://www.archdaily.com/771471/santiago-calatravas-turning-torso-wins-ctbuhs-10-year-award/55c3a0a8e58eceb7df0000bd-santiago-calatravas-turning-torso-wins-ctbuhs-10-year-award-photo

Archdaily. (8 Kasım 2010). *Pushing La Sagrada Família Forward.* https://www. archdaily. com/87409/pushing-la-sagrada-familia-forward/capture-2

Archdaily. (9 Ağustos 2009). *TelokBlangah Hill Park.* https://www.archdaily.com/31437/telok-blangah-hill-park?ad_medium=gallery

Archihacks. (2 Eylül 2021). *Is Mushroom Architecture The Next Thing?*https://archihacks. com/is-mushroom-architecture-the-next-thing/

Arkeofili. (02 Ağustos 2020). *Biri hariç antik dünyanın 7 harikasının nerede olduğunu biliyoruz.* https://arkeofili. com/biri-haric-antik-dunyanin-7-harikasinin-nerede-oldugunu-biliyoruz/

Arkeofili. (12 Temmuz 2020). *Ayasofya Hakkında Bilmeniz Gereken 30 Bilgi.* https://arkeofili.com/ayasofya-hakkinda-bilmeniz-gereken-30-bilgi/

Arkeofili. (15 Ağustos 2021). *Machu Picchu'nun sanılandan daha eski olduğu ortaya çıktı.* https://arkeofili. com/machu-picchunun-sanilandan-daha-eski-oldugu-ortaya-cikti/

Arkeofili. (27 Temmuz 2022). Bu Rönesans Kubbesinin Yapımı 100 Yıldan Fazla Sürdü. https://arkeofili.com/bu-ronesans-kubbesinin-yapimi-100-yildan-fazla-surdu/

Arkitektuel. (1 Ağustos 2017*). Guangzhou Opera Evi*. https://www. arkitektuel. com/guangzhou-opera-evi/

Arkitektuel. (19 Ocak 2018). *TWA Terminali.* https://www. arkitektuel. com/twa-terminali/

Arkitektuel. (28 Temmuz 2017). *Metropol Parasol.* https://www. arkitektuel. com/metropol-parasol/

Arkitektuel. (8 Şubat 2018). *Millau Viyadüğü.* https://www. arkitektuel. com/millau-viyadugu/

Arkitektuel. (b. t.) *Biyosfer Montreal.* https://www.arkitektuel.com/biyosfer-montreal/

Arkitera. (11 Ağustos 2008). *"Kuş Yuvası"*. https://www. arkitera. com/haber/kus-yuvasi/

Arquitecturaviva. (3 Şubat 2023). *National Stadium, Beijing.* https://arquitecturaviva. com/works/estadio-nacional-en-pekin-6

Arslan, S. ve Sorguc, A. G. (2004). Similarities between structures in nature and man-made structures: biomimesis in architecture. *Design and nature*, 2, 45-54.

Arup. (b. t.). *National Aquatics Center (Water Cube), Beijing.* https://www. arup. com/projects/chinese-national-aquatics-center

Arup. (b. t.). *One of the largest timber structures ever built.* https://www. arup. com/projects/metropol-parasol

Ask A Biologist. (4 Kasım 2009). *What is echolocation?* https://askabiologist. asu. edu/echolocation

Ask Nature (3 Kasım 2020). *Surface allows self cleaning*. https://asknature. org/strategy/surface-allows-self-cleaning/

Ask Nature. (2 Temmuz 2020). *Tornado-like Spinning Increases Seed Dispersion* https://asknature.org/strategy/tornado-like-spinning-increases-seed-dispersion/

Ask Nature. (b. t.) *Adhesive Is Both Strong and Flexible*.https://asknature.org/strategy/adhesive-is-both-strong-and-flexible/

Ask Nature. (b. t.) *High Performance Concrete Inspired by Marine Habitats*.https://asknature.org/innovation/high-performance-concrete-inspired-by-marine-habitats/

Ask Nature. (b. t.) *Oyster Reef Shapes Create Safe Havens for Their Younghttps://asknature.org/strategy/oyster-reef-shapes-create-safe-havens-for-their-young/*

Ask Nature. (b. t.) *Retrofit for Wind Turbines Inspired by the Kingfisher and Maple Seeds*https://asknature.org/innovation/energy-saving-retrofit-for-wind-turbines-inspired-by-the-kingfisher-and-maple-seeds/

Bahaihouseofworship. (b. t.) *Bahá'í House of Worship New Delhi, India* https://bahaihouseofworship.in/architecture/

Başarır, B. , ve Sev, A. (2011). A Recent Trend in Tall Building Design: Twisted Forms. *Engineering Sciences,6*(4), 1603-1619.

Belgeselx. (10 Aralık 2016). *Stadyumu YÜZYILIN ATILIMLARI SD - Wembley Stadyumu.* [Video] https://belgeselx.com/belgesel/wembley-stadyumu-yuzyilin-atilimlari-sd#

Belgeselx. (12 Aralık 2015). *Extreme Engineering.* [Video] https://belgeselx.com/belgesel/panama-kanali-muhendislik-harikalari#

Belgeselx. (17 Kasım 2016). *Mega Mühendislik Projeleri - Houstonun Dev Kubbesi* https://belgeselx.com/belgesel/houstonun-dev-kubbesi-mega-muhendislik-projeleri#

Belgeselx. (20 Mart 2015.) *MEGA YAPILAR SD - Güney KutupİstasyonU*. [Video] https://belgeselx.com/belgesel/guney-kutup-istasyonu-mega-yapilar-sd#

Belgeselx. (22 Mart 2015). *EN BÜYÜK DİZAYNLAR – Gökdelen* [Video]. https://belgeselx.com/belgesel/gokdelen-en-buyuk-dizaynlar#

Belgeselx. (22 Mart 2015). *Antik Mega Yapılar- Ayasofya*. https://belgeselx.com/belgesel/ayasofya-antik-mega-yapilar#

Belgeselx. (22 Mart 2015). *Antik Mega Yapılar- Petra.* [Video] *https://belgeselx.com/belgesel/petra-antik-mega-yapilar#*

Belgeselx. (22 Mart 2015). *EN BÜYÜK DİZAYNLAR – Kubbe* [Video] https://belgeselx.com/belgesel/kubbe-en-buyuk-dizaynlar#

Belgeselx. (24 Ağustos 2022). *TÜRKİYENİN DEV YAPILARI - Bölüm 1* . [Video] https://belgeselx.com/belgesel/bolum-1-turkiyenin-dev-yapilari#

Belgeselx. (24 Şubat 2015). *Man Made Mervels Buildings By Design* [Video] https://belgeselx.com/belgesel/petronas-kuleleri-insan-yapimi-harikalar#

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation İnspired By Nature.* HarperCollins Publisher, New York

Bilimgenc. (12 Temmuz 2019) *"İniş İçin Alçalmaya Başlıyoruz": Kulak Sağlığımıza Dikkat!* https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/inis-icin-alcalmaya-basliyoruz-kulak-sagligimiza-dikkat

Bilimgenç. (11 Mayıs 2020). *Türkiye'nin yalıçapkını*. https://bilimgenc. tubitak. gov. tr/yeryuzu-turkiyenin-bayagi-yalicapkini

Bilimvegelecek. (28 Haziran 2022). *Deneyler, kuş yuvalarının neden bu kadar sağlam olduğuna ışık tutuyor*.https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2022/06/28/deneyler-kus-yuvalarinin-neden-bu-kadar-saglam-olduguna-isik-tutuyor/

Biome- Renewables(b.t.) *Biome- Renewables Power Cone Tech* [Brochure]. https://www.biome-renewables.com/powercone

Biomimicry. org. (b. t.). *What is biomimicry?* https://biomimicry. org/what-is-biomimicry/

Biomimicry.net. (b. t.). *Learning efficiency from kingfishers.* https://biomimicry.net/the-buzz/resources/case-example-learning-efficiency-kingfishers/

Birbes. (2 Şubat 2023). *Durian (Duryan) Nedir? Sağlığa Faydaları Nelerdir?*https://www. birbes. com/durian-duryan-nedir-sagliga-faydalari-nelerdir-19345/

Bizsiziz. (29 Mayıs 2020). *Büyük Giza Piramidi'ni inşa etmek için kaç insan gerekir?* https://www. bizsiziz. com/buyuk-giza-piramidini-insa-etmek-icin-kac-insan-gerekir/

Borjı, R. (2019). *Manipulating architectural design forms based on nature.* [Yüksek Lisans Tezi]. Ted Üniversitesi.

Building. co. (18 Haziran 2010). *Aldar's Abu Dhabi HQ: One last spin of the wheel*. https://www. building. co. uk/buildings/aldars-abu-dhabi-hq-one-last-spin-of-the wheel/5001243. Article

Bur Al Arab. (1 Temmuz 2014). *Megayapılarlar: Burj Al Arab Oteli* [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=L9Mrn4aaK4A&t=360s&ab_channel=2014HDBelgeseller

Burjkhalifa. (b. t.). *Burj Khalifa.* https://www.burjkhalifa.ae/en/the-tower/gallery/

Burkett, J. R., Hight, L. M., Kenny, P., & Wilker, J. J. (2010). Oysters produce an organic− inorganic adhesive for intertidal reef construction. *Journal of the American Chemical Society*, *132*(36), 12531-12533.

Canton Televizyon Kulesi, (2 Ocak 2018). *Megastructures Worlds Tallest TV Tower (National Geographic Documentary*). [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=Y-mgYTjRtWw&t=15s

Capital Gate. (27 Kasım 2017),*Megayapılarlar Abu Dhabi Capital Gate Gökdeleni*[Video] https://www. youtube. com/watch?v=uO3NoSfFAz0&t=237s&ab_channel=belgeselmiburada

Casabatllo. (9 Mart 2013). *Biomimetics on the main floor of Casa Batllo.* https://www. casabatllo. es/en/news/biomimetics-on-the-main-floor-of-casa-batllo/

Cnbc. (27 Temmuz 2019). *You can buy a $2. 4 million apartment on a cruise ship — take a look.* https://www. cnbc. com/2019/07/26/blue-world-voyages-selling-luxury-residences-on-cruise-ship. html

Cnrwood. (21 Kasım 2022). *What is tree?* https://cnrwood. com/public/content/what-is-tree

Cüce, E. , Nachan, Z. , Cüce P. M. , Sher, F. , ve Neighbour, G. B. (2017). Strategies for ideal indoor environments toward low/zero carbon buildings through a biomimetic approach,*International Journal of Ambient Energy,* DOI: 10. 1080/01430750. 2017. 1372807

Cylee. (b. t.). *Taipei Financial Center (Taipei 101).* https://www.cylee.com/project/Taipei-101?lang=en

Desingingbuildings. (7 Nisan 2022). Burj al Arab. Dubai https://www. designingbuildings. co. uk/wiki/Burj_al_Arab,_Dubai

Dezeen. (11 Ekim 2014). *Frei Otto: a life in projects.* https://www.dezeen.com/2015/03/11/frei-otto-a-life-in-projects/

Dezeen. (11 Ekim 2014). *Moshe Safdie on Marina Bay Sands: a single tower would have been "unbearable".* https://www. dezeen. com/2014/10/11/moshe-safdie-on-marina-bay-sands-habitat-67-skyscrapers-lego/

Dezeen. (23 Mart 2022). *World's longest suspension bridge opens in Turkey*https://www.dezeen.com/2022/03/23/1915-canakkale-suspension-bridge-turkey/

Dezeen. (27 Şubat 2020). *Waterloo International Terminal was "made to fit the cleaning machine" says Nicholas Grimshaw.* https://www. dezeen. com/2020/02/27/nicholas-grimshaw-waterloo-station-video/

Dezeen. (6 Temmuz 2010). *The Khan Shatyr Entertainment Centre by Foster + Partners.* https://www. dezeen. com/2010/07/06/the-khan-shatyr-entertainment-centre-by-foster-partners/

Dubai Palmiye Adası, (8 Temmuz 2014). *Megayapılarlar – Dubai Palmiye Adası National Geographic* [Video] https://www. youtube. com/watch?v=6ZJJMdtY8B8&t=1540s&ab_channel=2014HDBelgeseller

Dünyanın 7 harikası, (6 Mayıs 2016). *Dünyanın 7 Harikası* [Video] https://www.youtube.com/watch?v=juVmX3GBau4&t=1482s&ab_channel=Bally Soroxsi

Edenproject. (b. t.). *Eden's Mission.* https://www. edenproject. com/mission/about-our-mission/architecture

Edwards, A. R. (2005). *The Sustainability Revolution Portrait of a Paradigm Shift.* New Society Publishers.

Einstein-online. (b. t.). *From soap bubbles to Einstein*. https://www.einstein-online.info/en/spotlight/soap_bubbles/

Elektrikde. (6 Ocak 2022). *Sonar Cihazı Nedir? Nasıl Çalışır? Nerelerde Kullanılır?* https://www. elektrikde. com/sonar-cihazi-nedir-nasil-calisir-nerelerde-kullanilir/

Engineering. (25 Ekim 2017). *Marina Bay Sands Unique Design an Engineering Marvel.* https://www. engineering. com/story/marina-bay-sands-unique-design-an-engineering-marvel

English-heritage. (b.t.). *Iron Brıdge.* https://www.english-heritage.org.uk/visit/places/iron-bridge/

ERDC. (3 Ocak 2017). *Amundsen-Scott South Pole Station.* https://www.erdc.usace.army.mil/Media/Images/igphoto/2002155532/

Eryıldız, S. ve Mezını, L. (2012). Bioarchitecture - Inspirations From Nature . Gazi University Journal of Science, 25 (1), 263-268. https://dergipark. org. tr/en/pub/gujs/issue/7422/97375

Eser, Y. K. E. (2020). Göbekli Tepe (Maden-İnanç Bağlamında) Toprak Ana İnancı . *TİGİN Analitik Sosyal Bilimler Dergisi,* 4, p. . Doi: 10.46868/atdd.60.

Feld, K. , Kolborg, A. N. , Nyborg, C. M. , Salewski, M. , Steffensen, J. F. ,& Berg-Sørensen, K. (2019). Dermal denticles of three slowly swimming shark species: microscopy and flow visualization. *Biomimetics*, 4(2), 38.

Feuerstein, G. (2002). *Biomorphic Architecture Human and Animal Forms in Architecture*. Menges, Stuttgart.

Fonte, G. C. A. (2007). *Building The Great Pyramid İn One Year: An Engineer's Report.* Algora Publishing.

Foronuclear. (28 Mart 2022). *Belgium decides on a ten-year extension of the life of its most recent nuclear power plants*. https://www.foronuclear.org/en/updates/news/belgium-decides-on-a-ten-year-extension-of-the-life-of-its-most-recent-nuclear-power-plants/

Foster+Partners. (b. t.). ''*If Foster + Partners' newly occupied Swiss Re Tower was any more revolutionary it would rotate''.* https://www. fosterandpartners. com/projects/30-st-mary-axe/#gallery

Foster+Partners. (b. t.). *Stansted Airport*. https://www.fosterandpartners.com/projects/stansted-airport

Foster+Partners. (b. t.). *Webley Stadyumu,* https://www.fosterandpartners.com/projects/wembley-stadium

Frazer, J. (1995). *An Evolutionary Architecture.* Architectural Association Publications.

Freightwaves. (21 temmuz 2021). *FreightWaves Classics: Panama Canal serves shipping and commerce for more than 100 years.* https://www.freightwaves.com/news/freightwaves-classics-panama-canal-serves-shipping-and-commerce-for-more-than-100-years

Garden's By The Bay, (21 Haziran2021),*Singapore's İncredible 160-Foot Supertree Statues | Megastructures: Gardens By The Bay | Spark* [Video] https://www. youtube. com/watch?v=7n6b7Eis1HM&t=48s&ab_channel=Spark

Gaur, N. , Sharma, A. , ve Singhal, B. (2018). Bacterial surface layer proteins: From moonlighting to biomimetics: A new horizonto lead. *Advances in Bioscience and Biotechnology,* 9, 352-372. Scientific Research Publising. https://doi. org/10. 4236/abb. 2018. 98023

Gezici. (18 Ekim 2020). *Konya Tropikal Kelebek Bahçesi : Avrupanın En Büyüğü.* https://gezicini. com/konya-tropikal-kelebek-bahcesi-avrupanin-en-buyugu/

Gezicini. (5 Mart 2021). *Dubai'de Gezilecek Yerler | Muhteşem Yerlerin Listesi* https://gezicini. com/dubaide-gezilecek-yerler-muhtesem-yerlerin-listesi/

Gezipgördüm. (28 Temmuz 2022). *8 soruda Kolezyum hakkında bilinmesi gerekenler.* https://gezipgordum. com/kolezyum-colosseo/

Gosciniak, M. , Januszkiewicz, K. (2018). Architecture inspired by nature. The human body in Santiago Calatrava's works. Sophisticated approach to architectural design. *IOP Conf. Series Mater. Sci. Eng. ,471*, 082041.

Grantassociates. (b. t.). *British design team behind Gardens by the Bay*. https://grant-associates. uk. com/news/gardens-by-the-bay-to-open-on-june-29-2012

Grantassociates. (b. t.). *Gardens by the Bay Singapore*. https://grant-associates. uk. com/projects/gardens-by-the-bay

Gruber, P. (2011). *Biomimetics in architecture: architecture of life and building*s. New York: Springer.

Gzt. (26 Ocak 2021). Jeodezik kubbelerin dikkat çeken örneği: Biyosfer Montreal. https://www.gzt.com/arkitekt/jeodezik-kubbelerin-dikkat-ceken-ornegi-biyosfer-montreal-3567756

Haberturk. (12. Aralık 2020). *MasterChef Türkiye nerede çekildi? Konya Tropikal Kelebek Bahçesi nerede?* https://www. haberturk. com/masterchef-turkiye-nerede-cekildi-konya-tropikal-kelebek-bahcesi-nerede-2901291-magazin

Han Çadırı. (15 Ocak 2013). *Mega Yapılar Dünyanın En Büyük Çadırı* [Video] https://www.youtube.com/watch?v=Krm8q0EcFI4&ab_channel=HakanAyhan

Hemeda, S. , ve Sonbol, A. (2020). Sustainability problems of the Giza pyramids. *Heritage Science*, 8(1), 1-28.

Hiddenarchitecture. (21 Kasım 2016) *United States Pavilion – Osaka 70*. https://hiddenarchitecture.net/united-states-pavilion-osaka-70/

History. (1 Temmuz 2019). *Golden Gate Bridge.* https://www.history.com/topics/landmarks/golden-gate-bridge

History. (14 Nisan 2010). *Hoover Dam.* https://www. history. com/topics/great-depression/hoover-dam

Hoover Barajı, (28 Ekim 2018). *Megayapılarlar 22. Bölüm - Hoover Barajı - Belgesel* [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=2BP5a3iYocY

Ideal Standard. (19 Ekim 2018). *CASE STUDY Stansted Airport.* https://www. idealstandard. co. uk/expertise/case-studies/stansted-airport-case-study

Inhabitat. (3 Temmuz 2007). *ZAHA HADID's Performing Arts Centre in Abu Dhabi*. https://inhabitat. com/zaha-hadids-performing-arts-centre-in-abu-dhabi/

Insideecelogy. (21 Haziran 2018). *A closer look at spider webs* https://insideecology.com/2018/06/21/a-closer-look-at-spider-webs/

Intelligence-airbusds. (b. t.) *Japanese Stadiums Captured by Pléiades.* https://www.intelligence-airbusds.com/newsroom/news/japanese-stadiums-2019-international-rugby-competitions/

İnner, S. (2019). Biyomimikri ve parametrik tasarım ilişkisinin mimari alanında kullanımı ve gelişimi . *Tasarım Enformatiği ,* 1 (1) , 15-29. https://dergipark. org. tr/tr/pub/te/issue/44346/413980

J&CJoel. (b. t.). *Esplanade- Theatres on the Bay, Singapore.* https://www. jcjoel. com/case-studies/esplanade-theatres-bay-singapore/

Janedzisiewski. (2 Mayıs 2013). *The Crystal Palace: A source of innovation and inspiration* . http://janedzisiewski. blogspot. com/2013/05/the-crystal-palace-source-of-innovation. Html

Jutta-paulus.de (22 Eylül 2021). *European green lizard.* https://www.jutta-paulus.de/en/species-of-the-week-72-european-green-lizard/

Kbt. (b. t.). *Göbeklitepe.* https://www.ktb.gov.tr/TR-288623/gobeklitepe.html

Keops Piramidi. (4 Kasım 2013),*Antik Megayapılarlar Buyuk Piramit* [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=0rZOWT07jCs&ab_channel=bar%C4%B1%C5%9Fye%C5%9Fil

Knebel, K. , Sanchez, J. , ve Zimmermann, S. (2001). The Eden Project- Design, fabrication and assembly of the largest greenhouse of the world. *Stahlbau,* 70(8), 513-525.

Konya Tropikal Kelebek Bahçesi. (b. t.). *Konya Tropikal Kelebek Bahçesi.*https://www.konyatropikalkelebekbahcesi.com/tr/bahcemiz

Korelimited. (21 Nisan 2021)*Geobukseon: The Korean Turtle Ship.* https://korelimited.com/blogs/korelimited/geobukseon-the-korean-turtle-ship

Kuday, I. , (2009). *Tasarım sürecini destekleyici faktör olarak biyomimikri kavramının incelenmesi,*[Yüksek Lisans Tezi]. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.

La Sagrada Familia, (14 Mart 2019). *Megayapılarlar La Sagrada Familia belgeseli* [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=7k-90YKG_A4

Livescience. (24 Eylül 2010). *Itsy Bitsy Spider's Web 10 Times Stronger Than Kevlar*. https://www. livescience. com/8686-itsy-bitsy-spider-web-10-times-stronger-kevlar. html

Malibu Makos. (22 Ekim 2018). *What Causes Ocean Waves?*. https://www. malibumakos. com/ocean-waves/

Mammalwatching. (31 Temmuz 2016). *Democratic Republic of Congo.* https://www.mammalwatching.com/gd_place/democratic-republic-of-congo/

Marina Bay Sands, (30 Mart 2018) *National Geographic Marina Bay Sands MegaStructure Documentary* [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=jTa70C0BUW0&ab_channel=TheLogicalMonk

Mazzoleni, I. (2013). *Architecture Follows Nature- Biomimetic Principles For Innovative Design* (2. Baskı). Crc Press.

Metaform Design İnternational. (b. t.) *Us Pavılıon, Japan World Exposıtıon Osaka Expo '70* http://www.metaformdesigninternational.com/#/1970-osaka/

Metalocus. (11 Mart 2015). *Freı Otto, The German Pavılıon, Expo 1967*. https://www.metalocus.es/en/news/frei-otto-german-pavilion-expo-1967

Mimarimedya. (15 Ocak 2013). *Mimaride kimlik arayışları [Dancing House'un ilham kaynağı]*. https://www. mimarimedya. com/mimaride-kimlik-arayislari-dancing-houseun-ilham-kaynagi/

Minifaber. (17 Haziran 2014). *Sheet metal bending: 5 amazing architectural creations.* https://www.minifaber.com/blog/sheet-metal-bending-5-amazing-architectural-creations

Mithun. (b. t.). *Envisioning District Sustainability.*https://mithun.com/project/lloyd-crossing-sustainable-urban-design-plan/

Morgan, M. H., & Warren, H. L. (1914). *Vitruvius: the ten books on architecture*. Harvard Unıversıty Press.

Muhendisbeyinler. (9 Ekim 2017). *Sabun Köpüğü ve Matematik*. Mühendis Beyinler. https://www. muhendisbeyinler. net/sabun-kopugu-ve-matematik/

Muhendisbeyinler. (9 Kasım 2017). *Radar Nedir ve Nasıl Çalışır* https://www. muhendisbeyinler. net/radar-nedir-ve-nasil-calisir/

Muhendisol. (16 Eylül 2016) *Ornithopter (Kanatlı Mekanik Kuş) Nasıl Yapılır?* https://www.muhendisol.com/2016/09/16/ornithopter/

Nasa.gov. (16 Mart 2020) *50 Years Ago: Moon Sample Rocks Osaka Expo '70.* https://www. nasa. gov/feature/50-years-ago-moon-sample-rocks-osaka-expo-70

NKFUCOM. (16 Mayıs 2017). *Işınlılar (Radiolaria) hakkında bilgi.* https://www. nkfu. com/isinlilar-radiolaria-hakkinda-bilgi/

Nnkandu, M. I. ve Alibaba, H. Z. (2018). Biomimicry as an Alternative Approach to Sustainability. *Architecture Research*, 8(1), 1-11

Oita Stadyum, (18 Şubat 2022). *Superdomes – Extreme Engineering- Big Bigger Biggest* [Video] https://www. youtube. com/watch?v=8T4tN28qfkk&ab_channel=Element18

Orangesmile. (b. t). *Artemis Tapınağı.* https://www.orangesmile.com/extreme/tr/dunyanin-yedi-harikasi/artemis-tapinagi.htm

Orangesmile. (b.t.). *Halikarnas Mozolesi*. https://www.orangesmile.com/extreme/tr/dunyanin-yedi-harikasi/halikarnas-mozolesi.htm#object-gallery

ÖZTÜRK, A. F. (2015), Mimarlıkta temel tasarım eğitim yöntemi olarak biyotaklit. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Maltepe Üniversitesi.

Özülkü, Ö. (2015). *Modern Mimarlıkta Doğadan Etkilenen Form ve Geleceğe Yönelik Yaklaşımlar,* [Yüksek Lisans Tezi]. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Paratic. (8 Mayıs 2015). *Dünyanın En Lüks 7 Yıldızlı Otelleri.* https://paratic.com/dunyanin-en-luks-yedi-yildizli-otelleri/

Parkyn, N. (2004). *SuperStructures.* Merrell Publisher.

Pawlyn, M. (2016). *Biomimicry in Architecture* (2. Baskı). RIBA Publishing.

Pekin Ulusal Stadyumu, (1 Mart 2015). *Beijing Travel Guide – Bird's Nest* [Video] https://www. youtube. com/watch?v=RxT8aheWEY4&t=696s&ab_channel=wikibeijing

Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi, (1 Mart 2015). *Beijing Travel Guide – Water Cube* [Video] https://www. youtube. com/watch?v=CTUZe57ONvk&t=432s&ab_channel=wikibeijing

Pinterest. (b. t.). https://tr. pinterest. com/pin/227713324886490322/

Popsci. (30 Nisan 2009). *The Dangers of Rocks.*https://www.popsci.com/scitech/article/2009-04/dangers-rocks/

Posta. (09 Mayıs 2018). *Vücudumuzla ilgili 20 şaşırtıcı bilgi.* https://www.posta.com.tr/galeri/vucudumuzla-ilgili-20-sasirtici-bilgi-1409753/1

Prague. org. (b. t.). *Dancing House – a gem of modern architecture in Prague.* https://prague. org/dancing-house/

Quora. (b. t). *What are the types of flowers in India?*https://www. quora. com/What-are-the-types-of-flowers-in-India

Raillife. (Ekim 2016) *Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Biyomimikri.* http://www.raillife.com.tr/surdurulebilir-bir-gelecek-icin-biyomimikri/

Reichold, K. , ve Graf, B. (1999). *Buildings that changed the world.* Prestel.

Rian, I. M. , ve Sassone, M. (2014). Tree-inspired dendriforms and fractal-like branching structures in architecture: A brief historical overview. *Frontiers of Architectural Research,* 3(3), 298-323.

Ripley, R.L., & Bhushan, B. (2016). Bioarchitecture: bioinspired art and architecture—a perspective. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 374.

Rugby World Cup. (5 Aralık 2018). *Oıta stadıum.* https://www. rugbyworldcup. com/news/131318

Sagrada Familia. (b. t.). *Hıstory of the basílıca*. https://sagradafamilia. org/en/history-of-the-temple

Santiyegunlugu. (22 Mart 2020). *Jeodezik Kubbeler*. https://santiyegunlugu.xyz/tag/jeodezik-kubbe-hesabi/

Savaşır, K. (1999). *Silindir yüzeyli uzay kafes sistemlerde yükseklik ve geçilen açıklık bakımından tek ve çift tabakalı sistemlerin karşılaştırılması* [Doctora Tezi] DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Sciencefocus. (b. t.). *Why do beavers build dams?*https://www. sciencefocus. com/nature/why-do-beavers-build-dams/

Sciencehistory. (b. t.). *Winning Skin.* https://www. sciencehistory. org/distillations/winning-skin

Scitechdaily. (22 Kasım 2021). *Inspired by spider silk: Unprecedented new material with extraordinary mechanical properties.* https://scitechdaily. com/inspired-by-spider-silk-unprecedented-new-material-with-extraordinary-mechanical-properties/

Selçuk, A. S. (2009)"*Proposal for a non-dimensional parametric interface design in architecture : a biomimetic approach,"* [Doktora Tezi], Middle East Technical University.

Selçuk, A. S. , Sorguç, G. A. (2007). Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis' İn Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *22*(2), 451-459.

Shaltout, M., Tonbol, K., & Omstedt, A. (2015). Sea-level change and projected future flooding along the Egyptian Mediterranean coast. *Oceanologia, 57*(4), 293-307.

Shaw, I. (Ed.). (2003). *The Oxford History Of Ancient Egypt*. Oxford University Press.

Sidney Opera Binası, (12 Haziran 2015). Sydney *Opera House – Documentary* [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=EXBCaGb0dy8

Sites. psu (27 Nisan 2015). *Velcro.* https://sites. psu. edu/johndurbinbiomimicry/2015/04/27/velcro/

Skyscaper. (b. t.). *Petronas Towers.* https://skyscraper.org/tallest-towers/petronas-towers/

Skyscrapercenter. (b. t.). *Canton Tower.* https://www. skyscrapercenter. com/building/canton-tower/9385

SkyscraperPage. com (2 Eylül 2008). *Turnıngtorso.* http://forum. skyscraperpage. com/showthread. php?t=157032

Smarthistory. (11 Aralık 2015). *The Pantheon (Rome)* https://smarthistory.org/the-pantheon/

Smithsonian. (13 Mayıs 2015). *Revealing the Deep Secrets of Deepwater Waves.* https://www.smithsonianmag.com/smart-news/there-are-enormous-waves-under-ocean-180955243/

Smithsonian. (22 Şubat 2018). *Is the Fall Equinox the Secret to the Pyramids' Near-Perfect Alignment?* https://www.smithsonianmag.com/smart-news/fall-equinox-secret-pyramids-near-perfect-alignment-180968223/

Sonsuz Teknoloji. (05 Mayıs 2021) *Kopya İnsan Gözü Nedir*. https://www.sonsuzteknoloji.com/kopya-insan-gozu-nedir/

Soyluk, A. , İlerisoy, Z. Y. ve Yaman, M. , (2016). Mimaride mühendislik problemlerinin tren istasyonları üzerinden incelenmesi . 1st International Academic Research Congress (pp. 2078-

Spatial Agency. (b. t.). *Buckminster Fuller.* https://www. spatialagency. net/database/buckminster. Fuller

Steadman, P. (2008). *The Evolution Of Designs: Biological Analogy In Architecture And The Applied Arts.* Routledge.

Steemit. (b. t.). *Biomimetic Architecture: Sagrada Familia*. https://steemit. com/architecture/@snaves/biomimetic-architecture-sagrada-familia

Structpedia. (22 Mart 2019) *Taipei 101*. http://structpedia.com/taipei-101/

Structpedia. (6 Haziran 2019). *Sydney Opera Binası.* http://structpedia. com/sydney-opera-binasi/

Stylepark. (11 Ocak 2010). *These bubbles won't burst.* https://www. stylepark. com/en/news/these-bubbles-wont-burst

Sydneyoperahouse. (b. t.). *The spherical solution*. https://www. sydneyoperahouse. com/our-story/the-spherical-solution. html

Şeker, C. Z. (2020). Dinleme ve konuşma becerilerine yönelik lisansüstü tezlerin anahtar kelimeleri üzerine bir inceleme: betimsel analiz . *RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi ,* (19) , 128-140 . DOI: 10. 29000/rumelide. 752206

Taipei 101, (25 Ağustos 2015). *Taipei 101- The Tallest SkyScarper In Taiwan – The Construction & Origins-HDDocumentary* [Video]. https://www. youtube. com/watch?v=_TcSwHx9RF0&ab_channel=i-DocsTV

Tasnimnews, (14 Mart 2018). *Savalan Mountains: One of the Most Interesting Mountains of Iran*. https://www. tasnimnews. com/en/news/2018/03/14/1678656/savalan-mountains-one-of-the-most-interesting-mountains-of-iran

TazeÇiçek. (b. t.). *Ayçiçeğinin anlamı ve özellikleri.* https://www. tazecicek. com/blog/ayciceginin-anlami-ve-ozellikleri/

TazeÇiçek. (b. t.). *Lotus Çiçeğinin Anlamı Ve Özellikleri.* https://www. tazecicek. com/blog/lotus-ciceginin-anlami/

Tripadvisor. (b. t.). *Fotoğraf: Desert Safari Abu Dhabi Al Khatim Desert*. https://www. tripadvisor. com. tr/LocationPhotoDirectLink-g294013-d8468537-i148362142-My_Abu_Dhabi_Holidays-Abu_Dhabi_Emirate_of_Abu_Dhabi. html

Tripadvisor. (Temmuz 2015). *Fotoğraf: Canton tower is a great light show every night* https://www.tripadvisor.com.tr/LocationPhotoDirectLink-g298555-d2682464-i139723707-Four_Seasons_Hotel_Guangzhou-Guangzhou_Guangdong.html

Turksail. (5 Ağustos 2010). *Piri Reis Kupası'nda "havasızlık" yordu*. http://www. turksail. com/yaris-haberleri/4012-piri-reis-kupasnda-havaszlk-yordu

Turna. (b. t.) *Nebatilerin Eşsiz El Hazne Tapınağı Nerede?* https://www.turna.com/blog/nebatilerin-unlu-tapinagi-el-hazne

Turna. F., (Ed.), (2000), Dünyanın Bütün Harikaları, Milliyet Yayınları Sahaf,İstanbul.

Turning Torso, (19 Haziran 2019). *Dich Discovery Channel Extreme Engineering Turning Torso- BBc Documentary 2019* [Video] https://www. youtube. com/watch?v=phwSwVxDDpM&t=11s&ab_channel=TheWorldAroundUs

Türkçü, H. Ç. (2017). *Çağdaş Taşıyıcı Sistemler*. Birsen Yayınevi.

Tzv. (13 Aralık 2020). *Dünyanın eski harikaları: Rodos heykeli (Colossus of Rhodes.* https://www. tzv. org. tr/#/haber/5836

Universkop. (27 Ekim 2020). *Mimarlık Bölümü Hakkında Bilinmesi Gerekenler.* https://universkop. com/mimarlik-bolumu-hakkinda-bilinmesi-gerekenler/

Utrujj. (28 Mayıs 2021). *Why is a believer like a palm tree?*https://www. utrujj. org/why-is-a-believer-like-a-palm-tree/

v3. Arkitera. (Ağustos 2008). *2008 Pekin Olimpiyat Oyunları.* https://v3. arkitera. com/g136-2008-pekin-olimpiyat-oyunlari. html?year=&aID=2562&o=2556

Vargün, Ö. (2022). Kentsel Göstergebilim Kültürel Yansımalar Ve Sanat Üretimlerinde Kentsel Göstergeleri Yeniden Okumak. *Akdeniz Sanat*, *16*(29), 51-76.

Vincent, J. F. V. , Bogatyreva, O. A. , Bogatyrev, N. R. , Bowyer, A. ve Pahl, A. (2006). Biomimetics: its practice and theory,*Journal of the Royal Society İnterface*, 3, 471-482. https://doi. org/10. 1098/rsif. 2006. 0127

Visitsingapore. (b. t.). *Henderson Waves*. https://www. visitsingapore. com/see-do-singapore/architecture/modern/henderson-waves/

Wallpaperflare. (b. t.). *HD wallpaper: photograph of there sea shells on sand, seashell, beach, blue*. https://www. wallpaperflare. com/photograph-of-there-sea-shells-on-sand-seashell-beach-blue-wallpaper-zrtao

Wikimedia. Commons. (4 Eylül 2020). *File:Structure cubique centrée. png*https://commons. wikimedia. org/wiki/File:Structure_cubique_centrée. png?uselang=tr

Wıred.com (1Şubat 2012) https://www.wired.com/2012/02/spider-web-strength/

Wkkarchitects (b. t.). *Burj Al Arab Dubai*. WKK. https://wkkarchitects. com/aburj-al-arab-dubai-2

Wordpress. com. (3 Mayıs 2010). *Culture of design in the 21st Century. WorldPress. com*. https://cultureofdesign. files. wordpress. com/2010/05/3-hemispheric. Jpg

Yatzer. (28 Nisan 2011). *Metropol Parasol // The World's Largest Wooden Structure*. https://www. yatzer. com/Metropol-Parasol-The-World-s-Largest-Wooden-Structure-J-MAYER-H-Architects/slideshow/7

Yazıcı, Y. E. ve Alp, N Ç. (2017). Duyuların Mekânsal Deneyimleri Şekillendirmesi: Sagrada Familia Kilisesi. *Art-e Sanat Dergisi*, 10 (19) , 55-77 . DOI:10. 21602/sduarte. 288113

Yuran, A. F. ve Taşgetiren, S. (2010). Doğadan esinlenerek tasarım. *Electronic Journal of BioTechnology*, 1, (2) 23-30.

Zaha-hadid. (b. t.). *Heydar Aliyev Centre*. https://www. zaha-hadid. com/architecture/heydar-aliyev-centre/

Zari, M. P. (2007, November). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. *The SB07 NZ Sustainable Building Conference*. New Zealand