



BİYOMORFİK YAKLAŞIMLI TASARIMLAR ÜZERİNE BİR İNCELEME: 21. YÜZYIL GÖKDELEN TASARIMLARI

A REVIEW ON BIOMORPHIC APPROACH DESIGNS: 21. CENTURY SKYSCRAPER DESIGNS

Göksu DERECELİ¹, Bedriye ASIMGİL²

Gönderim Tarihi: 04.04.2023

Araştırma Makalesi

Kabul Tarihi: 16.08.2023

Öz Abstract

İnsanlar var olduğu günden bu yana mekan tasarlama ihtiyacı içerisinde olup tasarım sürecinde doğadaki varlıklardan, onları kullanarak veya gözlemleyerek, birebir taklit ederek, deneme-yanılma yöntemi ile yararlanmaya çalışmıştır. 'Canlılardan esinlenme' kavramını temsil eden 'Biyomorfi, biyomimikri, biyomimesis vb.' kavramların mimariyle ilişkilendirilmeye başlanması ile doğadan esinli mimari tasarımlar hız kazanmıştır. Bu çalışmada doğadan esinlenerek biçimlenme anlamına gelen biyomorfik yaklaşımlı tasarımlara odaklanmış olup ilgili tasarımlar 21. yüzyıl gökdelen tasarımları ile sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırmada gökdelenlerin gün geçtikçe kentler için trend hale gelmesi ve biyoloji-teknoloji-mimarlık disiplinlerinin 21. yüzyılda fazlasıyla gelişmesi ancak bu gelişmeye karşın 21. yüzyılda iklim değişikliği, küresel ısınma vb. olayların etkilerinin önemli ölçüde hissedilmesi temel etmenlerdir. Bu kapsamda çalışmanın amacı 21. yüzyıl gökdelen biçimlenişlerinde doğa ile olan ilişkiyi ortaya çıkartmak ve bu alanda ilgisi olan tasarımcılara yol gösterici olmaktır. Her biri biyomorfik yaklaşımın alt dallarına odaklanan; mikromorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Evolution Tower (Evrin Kulesi), antropomorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Warp Skyscraper, fitomorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Organik Gökdelen, zoomorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Pearl River Kulesi örnekleri, örnek durum analizi yöntemi ile incelenmiştir. Doğadaki varlıkların biçimlenme nedenlerini anlamının biyomorfik yaklaşımlı tasarımlarda önem arz ettiği ve biyomorfik yaklaşımlı tasarımların temel kaygısının 21. yüzyılda estetik değerler değil, sürdürülebilir değerler olması gerekliliği bu çalışmanın bulguları kapsamındadır.

Anahtar Sözcükler: Doğa, Biyo, Tasarım, Biçim, Sürdürülebilirlik

People have been in need of designing spaces since the day they existed, and they have tried to benefit from the assets in nature by using or observing them, imitating them exactly, by trial-and-error method during the design process. As the concepts of 'biomorphic, biomimicry, biomimetics, etc.', which represent the concept of 'inspiration from living things', started to be associated with architecture, architectural designs inspired by nature gained speed. This study focuses on designs with a biomorphic approach, which means being inspired by nature, and the related designs are limited to 21st-century skyscraper designs. In this limitation, the fact that skyscrapers become a trend for cities day by day, and the disciplines of biology-technology-architecture have developed greatly in 21st-century, but despite this development, climate change, global warming, etc. in the 21st century significant effects of events are the main factors. In this context, the aim of the study is to reveal the relationship with nature in the 21st century skyscraper formations and to guide the designers who are interested in this field. Each of them focuses on the sub-branches of the biomorphic approach. Evolution Tower as an example of design with a micromorphic approach, Warp Skyscraper as an example of design with an anthropomorphic approach, Organic Skyscraper as an example of design with a phytomorphic approach, Pearl River Tower as an example of design with a zoomorphic approach were examined by case study method. It is within the scope of the findings of this study that understanding the reasons for the formation of beings in nature is important in designs with biomorphic approach and that the main concern of designs with biomorphic approach should be sustainable values, not aesthetic values in the 21st century.

Keywords: Nature, Bio, Design, Form, Sustainability

¹ Sorumlu Yazar: Göksu Dereceli, İzmir Demokrasi Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, g.udereceli@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-9216-6689.

² Prof. Dr. Bedriye Asimgil, İzmir Demokrasi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, bedriye.asimgil@idu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-5641-2907.

Giriş

İnsanın doğa ile kurduğu ilişki mimarlık disiplini için önem arz etmekte olup (Yeşilyurt, 2008: 1) çevrenin sorunlarına çözüm yaratmak mimarlık disiplininin ana hedeflerinden biridir. Doğa birçok disipline olduğu gibi mimarlık disiplinine de ilham kaynağı olmaktadır. Mimari tasarımlarda doğayı gözlemleyerek doğadaki şekilleri taklit etmeyle başlayan bu süreç teknolojinin getirileri ile doğayı ve doğadaki varlıkları anlama, anlamlandırma, çalışma prensiplerini yapılarla entegre etme olgularına dönüşmektedir.

Tarihsel süreçte doğadan esinli birçok tasarım bulunmasına rağmen mimarlık disiplinleri ve doğayı inceleyen biyoloji disiplinlerinin kavramsal arayüzü yeni bir gelişimdir (Chayaamor-Heil ve Vitalis, 2021: 241). Bu arayüz 'biyomimikri, biyomimesis, biyomorfik' gibi çeşitli kavramlarla açıklanmaktadır. Biyomorfi, biyomimikri, biyomimesis kavramlarının ortak amaçları doğadaki sistemlerden ve süreçlerden esinlenerek çeşitli problemlere çözüm önermektir (Avinç Mutlu ve Arslan Selçuk, 2018: 120).

Eser'e (2021: 11) göre "Biyo: Yaşam veya canlı organizmalara dair tüm özelliklerin kombinasyonudur". Uç Zeytün, (2014:39) 'e göre Biyo: "Yaşam, vital phenomena ya da yaşayan organizmalar arasındaki bağlantıyı ifade eden formun kombinasyonudur." Tüm bu tanımlardan yola çıkarak 'Biyo' kelimesi yaşam ve yaşamdaki canlı varlıkların uyumunu ifade eden bir kavram olduğu söylenebilmektedir. 'Biyo' kelimesine eklenen 'mimikri, mimesis' gibi kelimeler 'taklit' anlamına gelmektedir (Eryılmaz, 2015: 469). 'Morfoloji' TDK'ya göre, biçim bilimi anlamına gelmektedir (URL-1). 'Biyomorfoloji' doğadaki canlı varlıkların biçimlerini inceleyen bilim dalı olup kendi içerisinde zoomorfik (hayvan biçimi), fitomorfik (bitki biçimi), antropomorfik (insan biçimi) ve mikromorfik (hücresel biçim) alt disiplinlere ayrılmaktadır (Agkathidis, 2016: 292).

Doğal biçime dayalı tasarımlar 'biyomorfik' kavramı ile tanımlanarak (Klein, 2009: 10) biyomorfik; biyolojik biçimleri referans alan tasarımlardır (Pawlyn, 2016, akt. Gündoğdu, 2020:5). Doğadan ilham alan tasarımlardan biyomorfi ve biyomimetik kavramları sıklıkla karıştırılmakta olup, biyomorfik yaklaşımlar doğadaki biçimlere odaklanırken, biyomimetik yaklaşımlar ise doğadaki işleyişe odaklanmaktadır (Enes, 2022: 7). Erken dönemlerde doğadan ilham alan çalışmalar, doğada bulunan şekilleri geometri düzeyinde taklit eden biyomorfizmdir (Dixit ve Stefańska, 2022: 3). Benyus (1997), *Biyomimikri: Doğadan İlham Alan Yenilik (Biomimicry: Innovation Inspired by Nature)* kitabında 'biyomimesis' kavramını 'yenilikleri sürdürülebilirlik perspektifinden tasarlamak için ilham almak amacıyla doğayı inceleyen yeni bir bilim' olarak tanıtmış olup (Chayaamor-Heil ve Vitalis, 2021: 241) doğayı taklit etme durumunun mimaride ilk kez uygulandığı nokta biçim ve şekillerin taklit edilmesidir denilebilmektedir. Yorulmazel'e (2020: 70) göre biyomorfi (doğadaki biçim ve şekiller) 20.yy'ın sonlarında zaten mevcut mimaride yer aldığı için Benyus (1998), 'Biyomimesis' kavramını 'biyomorfi' kavramına atfederek ortaya koymuştur. Biyomorfik yaklaşımli tasarımlar doğada bulunan canlı varlıkların biçim ve şekillerinden ilham alarak yapılan tasarımlardır (Elinç vd., 2023: 78). Biyomorfik yaklaşımli tasarımlar biçimsel çeşitlilik (Yeşilyurt, 2008: 64) ve doğal hayata uyum sağlamasına (Alik, 2021: 46) ek olarak doğayı yorumlayarak insan problemlerine

çözüm arar (Eser, 2021: 11). Morgan (2007: 44), biyomorfik tasarımların doğrudan canlı biçimlerini taklit etmesine ek olarak onları soyutlayarak da taklit edilmesinin mümkün olduğundan bahsetmiştir (Şahin, 2021: 32). Ek olarak yapıların biyomorfik yaklaşımla biçimlenmiş olması biyofilik tasarım parametreleri arasındadır (Daşkiran ve Minsolmaz Yeler, 2021: 122).

‘Doğadan esinli mimari tasarımlar’ veya ‘biyo-mimarlık’ alanlarında literatürde ilgili alanlara çeşitli noktalardan yaklaşan birçok çalışma mevcut bulunmaktadır. İlgili literatürde gerçekleştirilmiş olan birtakım çalışmalar incelendiğinde;

Chayaamor-Heil ve Vitalis (2021: 240), biyolojik bilgi ile mimari bilginin çeşitli karışıklıklara sebep olduğunu ve bundan dolayı biyolojik bilginin mimarlıktan ziyade mühendislik disiplinleri ve kentsel tasarım projelerinde ön plana çıktığını belirtmişler ve bu bilgi karmaşasını önlemek için biyomimetik mimari alanında “bilim”, “mimari” ve “biyoloji” kavramları arasındaki bağlantıları ortaya koyarak biyolojinin tasarım ve işlev için fayda sağlayamayacağı noktalarda farklı yöntemlerin kullanılabilirliğini belirtmişlerdir (Vitalis ve Chayaamor-Heil, 2022: 188). Biyoloji, mimarlık ve teknoloji disiplinlerinin bir araya gelmesiyle var olabilen doğadan ilham alan mimarlık ürünlerinde kullanılacak olan malzemelerde disiplinler arası birlikteliğin önemi vurgulanırken (Dixit ve Stefanska, 2022: 8) bir diğer vurgulanan olgu da insan ve doğa ilişkisinde ergonominin unutulmaması gerekliliği ve (Fıstıkçı ve Gündüz, 2021: 27; Eryılmaz, 2015: 473) teknoloji ve mimarlık disiplinlerinin birleşiminin kişiyi ait olunan yerden ve doğadan ayırmaması aksine bütünleştirmesi amacıyla biyofilik tasarımların gerçekleştirilmesi gerekliliğidir (Girginkaya Akdağ, 2021: 1055). İlgili bütünleşmenin yalnızca insan-doğa arasında değil, yapı sistemleri ve çevre koşulları arasında da olması gerekmektedir (Gündoğdu ve Arslan, 2020: 933-934).

Doğadan ilham alan mimari tasarımlar, sürekli olarak değişen ve gelişen dünyanın ihtiyaçlarına cevap verebilmekte olup (Zavoleas, 2021: 7) bu noktada doğadan ilham alan mimari tasarımlar sürdürülebilir mimari için büyük fırsatlar yaratabilmekte (Zhong vd., 2022: 135), doğadaki çalışma prensipleri mimari tasarımlara 3 boyutlu olarak aktarıldığında sürdürülebilirlik ilkeleri ile uyum gösterebilmekte (Zhong vd., 2023: 748), sürdürülebilir mimari tasarımların geliştirilmesinde motivasyon ve teşvik yaratmakta (Khanzadeh, 2019: 8), yapı kullanıcıları için verimliliği artırarak sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Daşkiran ve Minsolmaz Yeler, 2021: 135). Ancak doğadan ilham alan mimari tasarımlar sadece yapı ölçeğinde kalmamakla birlikte kentler için de değer yaratabilmektedir. Biyomimikrik yaklaşımlı kentsel tasarımlarda, doğadaki sistemlerin bir bütün içerisinde var olması gibi yapı ölçeğinden kent ölçeğine kadar bütünleşik bir sistemin var olması gerekmekte olup (Öztoprak, 2020: 1197), Elinç vd. (2023: 87) İstanbul Havalimanı Hava Trafik Kontrol Kulesi’nin fitomorfolojik (bitkisel esinli) bir tasarım olduğunu ortaya koyarak, kule tasarımlarında biyomorfik yaklaşımların kent silüetleri için bir odak noktası olabileceğini vurgulamıştır.

Amaç ve Kapsam

Tanyeli'ye (2000) göre "...endüstri çağına strüktürel tasarımın dorukları bağlamındaki kimliğini veren yaklaşımın 'çok büyük boyutlar' sorununa getirilen yalın ve asal geometrilerken, endüstri ötesi çağı karakterize edecek olanın olağan boyutların naturalist ve biyomorfik geometrisi olacaktır." (Beyaztaş, 2012: 43). Gökdelenler insan boyutuna ve doğadaki boyutlara meydan okuyan bir konstrüksiyon biçimidir (Bletter, 1987: 110). Küreselleşen dünyada gökdelenler 21.yy'ın vazgeçilmez yapıları haline gelmiş olup (Smith, 2021) aynı zamanda 21.yy'da biyoloji, en iyi gelişen bilim dalıdır (Dixit ve Stefanska, 2022: 1). Hızlı kentleşmeden ötürü gelecek için de gökdelenlerin bir çözüm önerisi olacağı ön görülmekte olup (Hariyono, 2015: 201) bahsedilen ilgili sebeplerden ötürü bu çalışmanın kapsamını 21.yy'ın gökdelen tasarımları oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın araştırma soruları: Gökdelen tasarımlarının doğa ile kurdukları ilişki nedir? Doğadaki canlı varlıkların biçimsel özellikleri günümüz gökdelen tasarımlarına nasıl uygulanmaktadır? Bu araştırma soruları kapsamında çalışmanın amacı günümüz kentlerinin trendi olduğu gibi geleceğin kentleri için de bir çıkış noktası olacağı düşünülen gökdelenlerin; tasarımlarında doğaya öykünmenin hangi amaçla gerçekleştirildiğini ortaya koymak ve bu alana ilgisi olan tasarımcılara yol gösterici olmaktır.

21. Yüzyıl Mimarisinde Biçim ve Doğa İlişkisi

Mimari tasarımda biçim veya daha sık kullanılan bir terim olarak form, bir yapının; strüktür, cephe, çatı, yapı kabuğu elemanlarının birlikteliği ile oluşmaktadır. Yılmaz'a (2021: 40) göre, 'form fonksiyonu izler.' ifadesi doğadan ilham alan tasarımlar için geçerli olmayıp doğadan esinlenen formlar doğanın çalışma prensiplerinin veya cezbedici özelliklerinin yapılara entegre edilmesiyle uygulanmaktadır ancak Ripley ve Bhushan'a (2016: 33) göre doğadan ilham alan tasarımlarda biçim ve işlev arasında estetik ilkelerine bağlı bir uyum bulunmaktadır. Ayrıca doğa, yapıları kutu formundan daha oval ve farklı formalarda olmaya teşvik edecek birçok biçim ve strüktür barındırmaktadır (Kim ve Park, 2018: 107). Yaratıcı biçim örneği olarak Fransa'nın Montpellier kentinde 2016 yılında inşaatına başlanması ve 2018 yılında inşaatının bitirilmesi planlanmış olan (Etherington, 2013) İnsan Vücudu Müzesi (*Cite du Corps Humain*) örnek verilebilmektedir. BIG mimarlık firması tarafından tasarlanan yapı iç içe geçmiş insan parmaklarını andırmakta ve bu şekilde arazi üzerinde parmak izine benzer bir kütle izi bırakmaktadır (Rosenfield, 2013). Vaziyet planında okunabilen iç içe geçmiş insan parmaklarına benzer kütleler aynı zamanda arazinin peyzajı ile kütleli mekanların birbiri içine akmasını sağlamakta olan antropomorfik tasarım yaklaşımıdır (Görsel 1., Görsel 2.).



Görsel 1. İnsan Vücudu Müzesi Vaziyet Planı.



Görsel 2. İç İçe Geçen Parmaklar.

Doğadaki varlıkların biçimlerinin ve strüktürlerinin bazıları canlı bazıları ise cansız varlıklara ait olmasına karşın doğadaki canlı varlıklar, değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilmekte ve bu sayede doğadaki canlı varlıkların ilham alınabilecek birçok özelliği çağın sorunlarına çözüm getirmekte kullanılabilir (Arslan ve Sorguç, 2004: 47-53). Bu yönüyle mimarlar yalnızca doğadaki formlardan esinlenmemeli aynı zamanda doğayı daha derin bir şekilde kavramalıdır (El-Zeiny, 2012: 505). Örneğin iklim değişikliğinin derinden hissedildiği son birkaç yılda yapılardaki enerji yönetimi önemli bir konu olup Ha ve Lu (2019: 1) yaptıkları çalışma ile doğadan ilham alarak tasarlanan yapı biçimlerinin enerji tasarrufu sağlama yeteneğine de sahip olabileceğini belirtmişlerdir. Hem biçim hem de enerji tasarrufu sağlama açısından doğadan ilham alan yapı örneği, DP mimarlık ofisi tarafından 2007 yılında hayata geçirilen Singapur, Esplanade Tiyatrosu'dur (Radwan ve Osama, 2016: 184). Durian bitkisinden ilham alan yapıda (Görsel 3.), bitkinin dikenli ve sert kabuğu yapıda kabuk olarak kullanılmıştır (Çelikel ve Uçar, 2020: 57). Tohumu özellikle fazla ısınmadan koruyan durian meyvesinin kabuğu yapıya hem biçimsel olarak hem de çalışma prensibi olarak kazandırılmıştır (İner, 2019: 19). Üçgen şekle sahip alüminyum kabuk güneşin konumuna göre açı değiştirebilmekte ve bu sayede iç mekânı fazla ısınmadan koruyarak binada enerji tasarrufu sağlamaktadır (Boram Çolak ve Ayçam, 2022: 927). Bu doğrultuda Singapur, Esplanade Tiyatrosu'nun fitomorfik yaklaşımli bir tasarım olduğu söylenebilmektedir.



Görsel 3. Durian bitkisi ve Singapur, Esplanade Tiyatrosu.

Doğadaki dengelerin bozulmasıyla birlikte artan tsunami ve deprem gibi doğal afetlere karşı doğadaki canlı varlıkların strüktürel ve biçimsel direncinden örnek alınarak geleceğin afet dirençli yapıları tasarlanabilmektedir (Aziz ve El Sherif, 2016: 714). Çünkü doğadaki canlı varlıklar mutasyon, rekombinasyon ve seleksiyon gibi farklı ve zorlayıcı süreçleri deneyimlemekte olup bu süreçler de mimarlık ve mühendislik disiplinlerine yaratıcı ve dirençli formlar tasarlamakta çeşitlilik sağlamaktadır (Knippers ve Speck, 2012: 2). Doğadaki ilgili dirençli formlardan esinlenen tasarımlardan biri, 20. yüzyılın ilk yarısında Fuller tarafından (Uç Zetyün, 2014: 20) virüslerin, mikroskobik ortamda gözlemlenebilen, kristalize ve küre şeklindeki dış kabuklarından ilham alınarak geliştirdiği jeodezik kubbedir (Yorulmazel, 2020: 179). Jeodezik kubbe formu en az malzemeyle en büyük açıklıkları geçebilen oldukça dayanıklı bir formdur (Yeşilyurt, 2008: 65). Bir 21.yüzyıl jeodezik kubbe formu yapı örneği olan *Dome of Visions 3.0* (Görüş Kubbesi) olup, yapı bir sera olarak işlev görmesi için 2016 yılında Tejlgaard tarafından Danimarka'da tasarlanmıştır (URL-2). Ahşap strüktürden oluşan yapı aynı zamanda pasif güneş enerjisi ile ısıtılmaktadır (URL-3). Yapının, virüsün dirençli kabuk yapısından esinlenerek mikromorfik biçimleniş göstermesine ek olarak çağa uyum sağlayan sürdürülebilir sistemlere sahip olduğu söylenebilmektedir.



Görsel 4. *Dome of Visions 3.0* (Görüş Kubbesi).



Görsel 5. Virüslerin Kristalize Yapısı.

Formun oluşmasında temel bir gereklilik olarak malzeme kullanımı konusunda Hensel ve Menges'in (2007) yapmış olduğu çalışmalar sonucu doğadan ilham alıp doğayla uyumlu olmayan malzeme kullanımında bulunan yapıları ekolojik olmamaları yönüyle eleştirmişlerdir (Beyaztaş, 2012: 62). Hem malzeme hem yapı kabuğu önerisi geliştiren S.C.A.L.E. Projesi 2010-2011 yılları arasında Mazzoleni tarafından yürütülen bir stüdyo çalışmasıdır (Gündoğdu ve Arslan, 2019: 166). Çalışmada; yan lekeli kertenkelenin sahip olduğu derinin, çöl iklimi şartlarına uyum sağlama yeteneğinden ötürü yapı kabuğuna entegre edilmesi önerilmiştir (Mazzoleni, 2010: 109). Kertenkelenin derisindeki pulların hem şekli hem de çalışma prensibi

yapı kabuğunda düşünülmüştür (Mazzoleni, 2010: 109). Bu bakımdan yapı kabuğunun hem formunun hem de çalışma prensibinin zoomorfik yaklaşımli bir tasarım olduğu söylenebilmektedir.



Görsel 6. Kertenkele Derisinden İlham Alan Yapı Kabuğu.



Görsel 7. Yan Lekeli Kertenkele.

Tüm bu fiziksel özelliklere ek olarak sosyal bir varlık olan insan ile yapının kurduğu ilişki de mimarlar için düşünülmesi gereken bir konudur. Bu noktada doğa, insanoğlunun genetiğini miras aldığı atalarının temel barınma mekânı olduğundan dolayı; doğayı insana çağrıştıracak ve doğayla insanı bütünleştirecek olan yapılarda insanların refahı artmaktadır (Pedersen Zari, 2009: 295). Doğanın mimarlara sağladığı birçok yaratıcılığı mimari tasarımlara yansıtma ile fiziksel, ekonomik ve sosyal olarak birtakım kazanımlar sağlamak mümkün olmaktadır (Kebabcı Bahadır, 2006: 77).

Gökdelen Tarihçesine Kısa Bir Bakış

Gökdelenler çok uzun ve çok katlı yapılar olup barınma, ticaret gibi çeşitli fonksiyonlara dikey uzantıda hizmet ederler. Gökdelen terimi ilk kez 1880'li yıllarda mimar William Le Baron Jenney'in Amerika'nın Şikago (*Chicago*) kentinde bulunan *Home Insurance Building*'i 1883-1885 yıllarında inşa etmesiyle kullanılmaya başlanmış ancak mimar ve çağdaşı olan Leroy S. Buffington 1880-1881 yılları arasında demir çerçeve sistemine sahip olan ve 28 katlı bir bina yapmayı Jenney'den önce Amerika'nın Minneapolis kenti için önermiştir (Upjohn, 1935: 48). Buffington bu konstrüksiyonu '*Cloudscaper*' olarak adlandırmıştır (Lepik, 2008: 5). Gökdelenin ilk kim tarafından icat edildiği konusunda Amerika Mimarlık Tarihi alanındaki uzmanlar

arasında görüş ayrılıkları bulunmaktadır (Bletter, 1987: 111). 19.yy'da demir çerçeve sistemi ile inşa edilen veya edilmesi önerilen ve ilk gökdelenlerden sayılan bu yapılar için devam eden süreçte demir çerçeve sistemi (Sherali ve Ziyatov, 2022: 106) yerini çelik çerçeve sistemine bırakmış (Slosson, 1923: 187) ancak gökdelenlerin gelişimini yalnızca onun strüktürel malzemesi değil aynı zamanda ondan bağımsız olarak asansör-kaldıraç (*elevator*) araçlarının gelişimi de etkilemiştir (Lepik, 2008: 5-6). 19.yy'ın sonları ve 20.yy'ın başlarında ticaretin merkezi haline gelen kentler için bir sembol haline gelen gökdelenler hızlı kentleşme sonucunda minimum araziden maksimum alanı elde etmek adına çok fazla talep edilmiştir (Smith, 2021: 1). 20.yy'a gelindiğinde gökdelenler, sanatçıların kentin gücünü sergileyebildikleri bir sanat hareketi olarak popülerlik kazanmaya başlamıştır (Domosh, 1987: 233). 21.yy'da gökdelenler, çağın sorunları olan enerji tüketimi, sürdürülebilirlik ve doğayla uyumlu olma konularına eğilim göstermeye başlamıştır (Saroglou vd., 2017: 1; Hariyono, 2015: 202).

Yöntem

Bu çalışma nitel araştırma yöntemleri ile gerçekleştirilmiş olup öncelikle doğadan ilham alan mimari tasarımlar üzerinde derinlemesine literatür araştırması yapılmıştır. Ardından Chmiliar'a (2010) göre sınırlı bir sistemin nasıl işlediğine ve çalıştığına dair sistematik bilgi toplama metodolojisi olan örnek durum analizi yöntemi kullanılmış olup (Subaşı ve Okumuş, 2017: 420), her biri biyomorfik yaklaşımın alt disiplinlerinin birer örneği olan Evolution Tower (mikromorfik yaklaşım), Warp Skyscraper (antropomorfik yaklaşım), Organik Gökdelen (fitomorfik yaklaşım), Peral River Kulesi (zoomorfik yaklaşım) ve bu sebepten ötürü seçilen 21.yy gökdelen örneklerinin biçimleri ve biçimlerine etki eden her türlü yapı elemanı özelliklerinin 3.boyuttaki biçimlenme özelliklerine dayanılarak incelenmiştir.

Biyomorfik Yaklaşımlı Gökdelen Tasarım Yaklaşımları

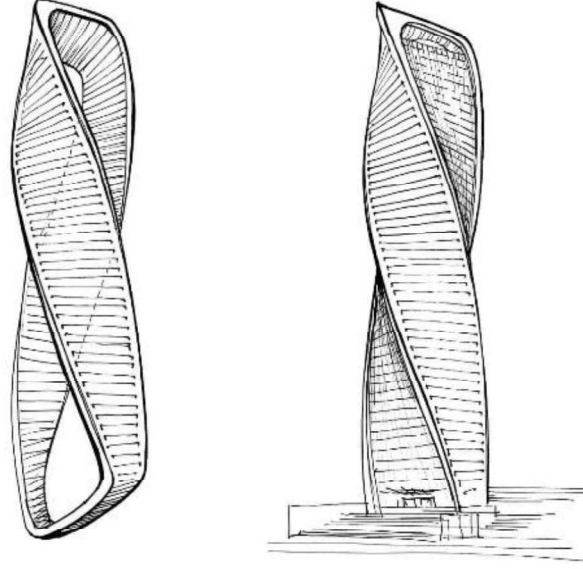
Mikromorfik Yaklaşımlı Bir Tasarım Evolution Tower (Evrim Kulesi)

Kule Rusya'nın Moskova kentinde bulunmakta olup 2005 yılında Gorproject tasarım ekibi tarafından tasarlanmış ve 2008-2015 yılları arasında inşaatı tamamlanmış olan çok işlevli bir iş merkezidir (URL-4). Kule, En İyi Yüksek Bina Avrupa 2015 Mükemmellik Ödülü'ne sahiptir (URL-4).

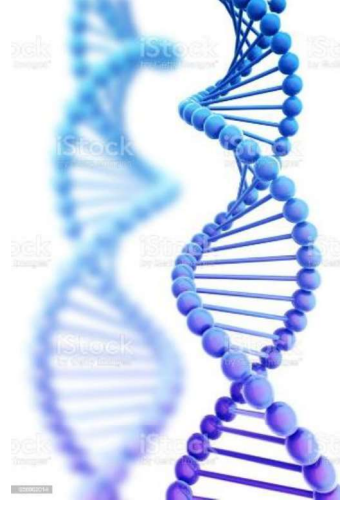


Görsel 8. Evolution Tower.

Kulenin tasarımında DNA molekülünün sarmal yapısı odağa alınarak insanın evrimini temsil eden bir kule olması amaçlanmıştır (URL-5). Tıpkı DNA molekülü gibi kule çift sarmal sisteme sahip olup bu sarmallar kulenin etrafında 156 derece dönerek kulenin çatısında birleşmektedir (URL-6).

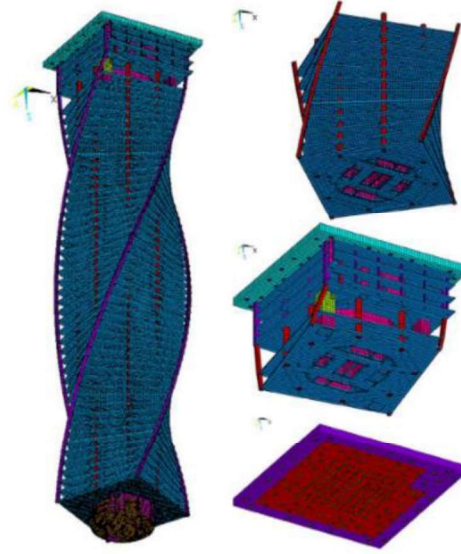


Görsel 9. Evolution Tower Eskiz Çizimleri.



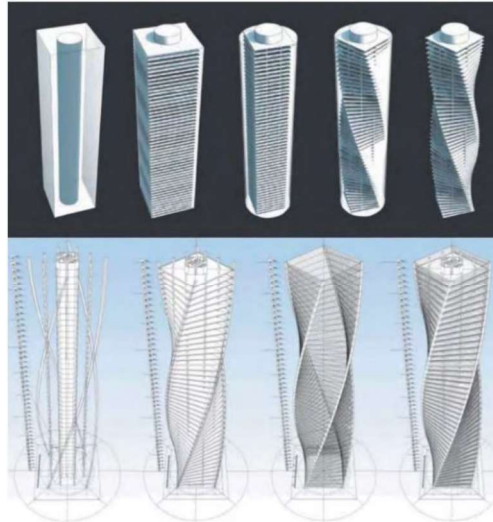
Görsel 10. DNA Sarmal Yapısı.

Merkezine temel bir çekirdeği alan yapıda çekirdeği saran dört adet spirial biçimli köşe kolonları bulunmakta olup dönme hareketinden ötürü dışa çıkma yapan kirişlerde denge konsollarla sağlanmıştır (URL-6). Tüm yapı yekpare betonarme sistemden oluşturulmuştur (URL-6). Belostotsky vd. (2016: 100-101), Evrim Kulesi'nin tasarım modelindeki ve gerçek yapı üzerindeki sonlu elemanların (kazıklar, sütunlar ve duvarlar) tasarım konumlarından sapma değerlerini hesaplamış olup yapıdaki sapma değerlerinin az miktarda olduğunu belirlemiştir.



Görsel 11. Yapının Sarmal Biçimlenişi.

Nikandrov (2016: 11), tasarım ekibinin şef mimarı, kulenin 52 kat seviyesine sahip olması ve her seviyede döşemelerin belirli derecelerde dönmesi gerekliliğinin döşeme için beton dökümünde sorun yarattığını ifade etmiştir. İlgili sorunun çözümünde hidrolik tırmanır kalıp sistemi ve aynı zamanda inşaat aşamasında vinç olmaksızın raylı tırmanma sistemi kullanılmış, iki sistemin entegre olarak çalışmasıyla binanın hızlı bir şekilde tamamlanması sağlanmıştır (Nikandrov, 2016: 15-16). Bir diğer yenilikçi sistem de cephede kullanılmış olan ve kulenin cephelerine eğrilik kazandıran soğuk bükme teknolojisidir (URL-6). Ayrıca cephede güneş kontrollü camlar kullanılmıştır (URL-5).

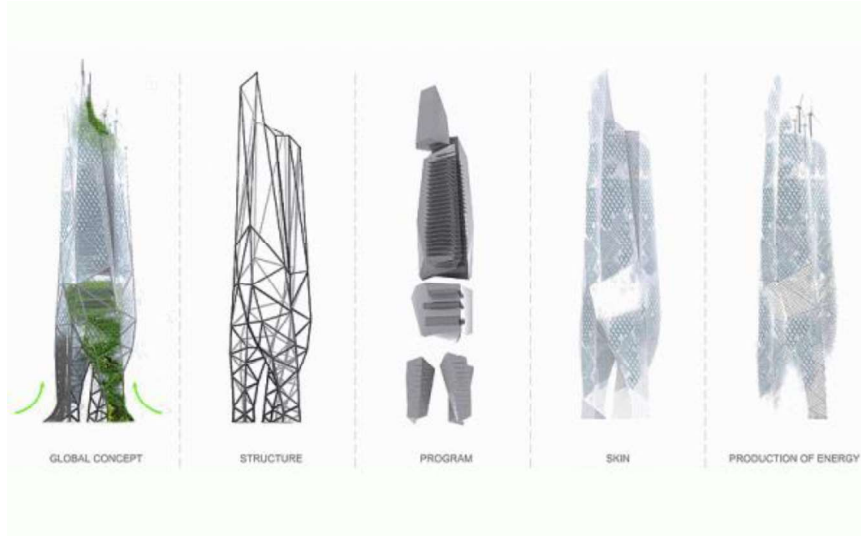


Görsel 12. Evolution Tower Biçimleniş Aşamaları.

Antropomorfik Yaklaşımlı Bir Tasarım Warp Skyscraper

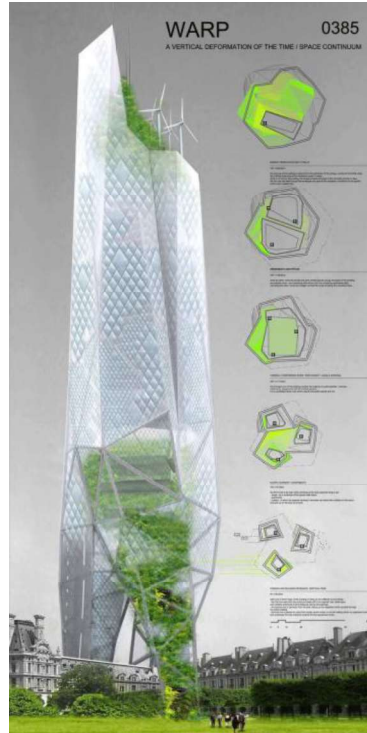
Yapı, 2007 yılında eVolo projesi için tasarlanmış olup özel mansiyon ödülüne sahiptir (İner, 2019: 22). Fransa'nın Paris kentinde Place des Vosges bölgesi için tasarlanan projenin en güçlü tasarım problemi tarihi ve yoğun kent dokusudur (URL-7). Bu probleme karşın çözümü anatomi kitaplarında bulduklarını söyleyen tasarımcılar, **Nenand Basic ve Keeyong Lee, insan**

vücudunun ince bir bacak üzerinde taşınma prensibini tasarıma uygulayarak zemin kota müdahaleyi minimum seviyeye indirmişlerdir (URL-7).

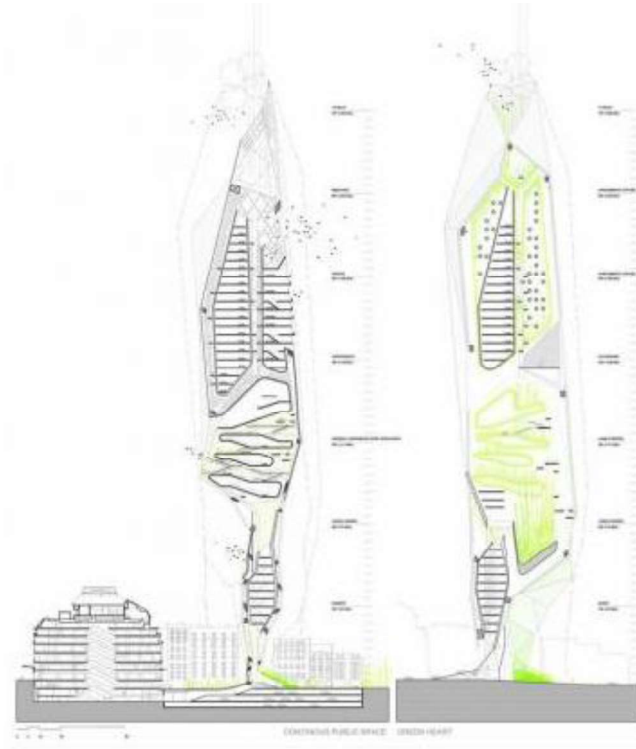


Görsel 13. Warp Skyscraper Konsept Çizimleri.

Yapı ince bir ayaküstünde yükselen gövde ile insanı soyutlarken, gövde kendi içinde üç adet çelik ve birbirinden bağımsız yapı içerir (URL-8). “Strüktüründe ve cephe kaplamasında parametrik tasarım uygulanan projenin cephesinde ETFE (etilen-tetrafloroetilen) kullanılarak aynı zamanda enerji tasarrufu sağlanmıştır.” (İnner, 2019: 22). Bu malzeme cepheyi kuvvetli rüzgârlardan korurken hava ve su geçişine de izin vermektedir (URL-8). Ek olarak yapı içerisinde rüzgâr tribünleri ve güneş pilleri barındırmaktadır (URL-8).



Görsel 14. Warp Skyscraper.



Görsel 15. Warp Skyscraper Kesit Çizimleri.

Fitomorfik Yaklaşımlı Bir Tasarım Organik Gökdelen

Tasarım, SuperSkyscraper isimli yarışma odağında İngiltere'nin Londra kenti için mimar Chartier-Corbasson tarafından 2014 yılında tasarlanmıştır (URL-9). Asya'da bulunan bambunun sahip olduğu strüktürden ilham alan mimar, bambunun büyüme evresinden, sağlam ve esnek yapısından ilham almıştır (URL-10). Yapı tıpkı bambu gibi dikeyde büyüme gösterecek ve bu büyüme, binanın alt katlarında bulunan bina kullanıcılarının çöplerinden inşa edilecektir (URL-11).



Görsel 16. Bambu ve Organik Gökdelen Görseli.

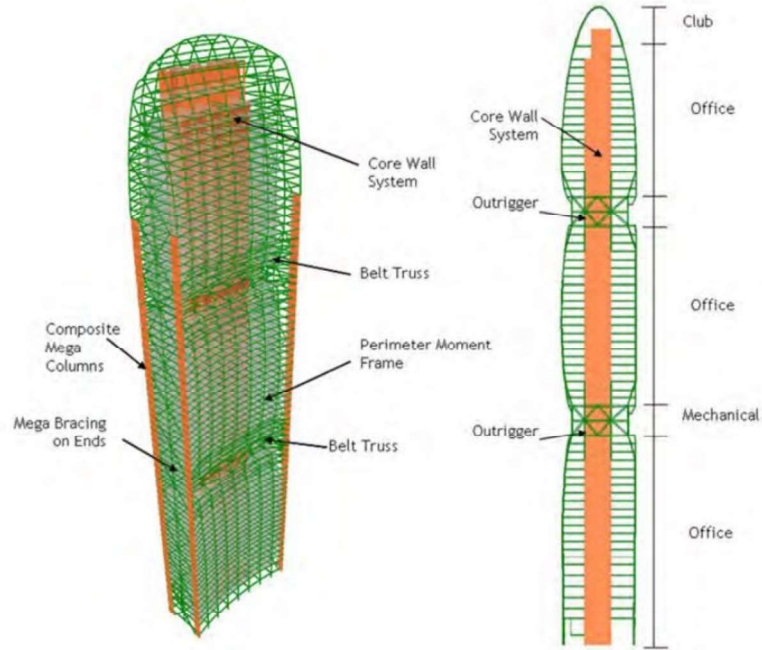
Kağıt ve plastik gibi geri dönüştürülebilir malzemeler binanın çatısında kurulacak olan tesislerde geri dönüştürülerek inşaatta hem dikey yapı elemanı olarak hem de döşemede izolasyon paneli olarak kullanılacaktır (URL-12). Dönüştürülmüş çöplerin cephede kullanımı ile güneş ışığını kontrol edebilme yeteneğine sahip olan cephe elde edilirken, strüktür içinde açılan boşluklar rüzgâr tribünü içererek gökdelen yapısı kendi elektriğini üretebilecektir (URL-13). Çöplerden yükselecek bu fütüristik binanın büyüme süreci, bambunun doğa içinde kendi kendine büyüme sürecine benzetilmektedir (URL-12).



Görsel 17. Organik Gökdelen.

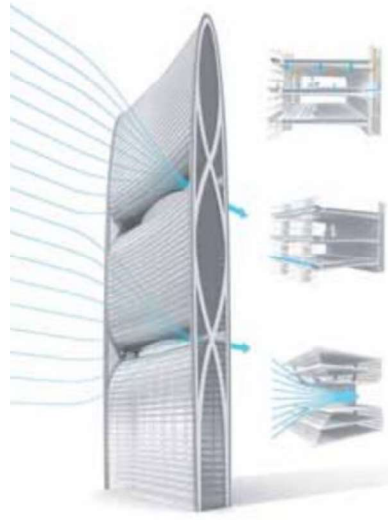
Zoomorfik Yaklaşımlı Bir Tasarım Pearl River Tower

Skidmore, Owings ve Merrill LLP mimarlık ekipleri tarafından 2009 yılında tasarlanan yapı (URL-14), 2014 yılında tamamlanmış olup Çin'in Guangzhou kentinde bulunmaktadır (URL-15). Kompozit sistemden oluşan kulede çelik taşıyıcı elemanlar kullanılmasına ek olarak beton ile güçlendirmeler yapılmıştır (Tomlinson vd., 2014: 13).

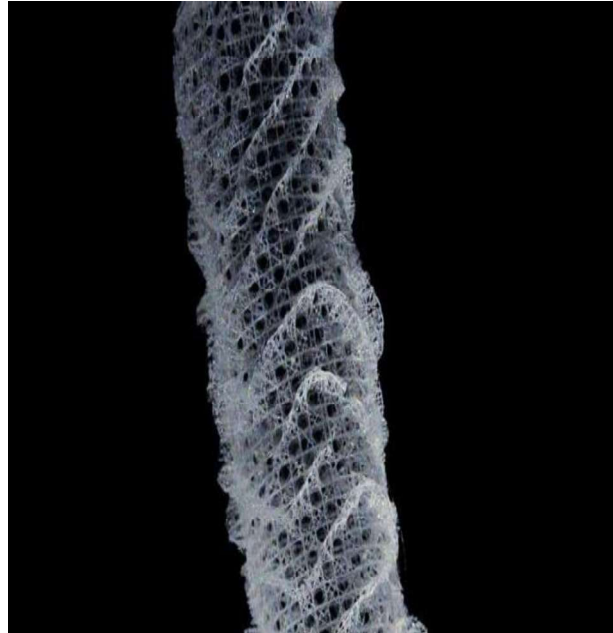


Görsel 18. Pearl River Kulesi Strüktürel Sistemi.

Tasarım ekibi, yapının sürdürülebilir ve doğaya uyumlu olması, harcadığı enerjiyi üretebilmesi amaçları ile deniz süngerinin kabuğunun günde galonlarca suyu ve organizmayı içine alabilen yapısından ilham almıştır (Gülova, 2013: 44). Bina cephesinin gözenekli hali (URL-15); güneş, nem ve rüzgâr gibi faktörleri kontrol altına alınmayı sağlamasına ek olarak deniz süngerin gözenekli yapısına da benzerlik göstermektedir. Deniz süngerinin sahip olduğu kabuğun su ile kurduğu ilişkiyi, yapıda cephe ve haya ilişkisi üzerinden hem biçimsel olarak (gözenekli yapı) hem de çalışma prensibi olarak taklit etmektedir (Gülova, 2013: 44).



Görsel 19. Pearl River Tower Rüzgâr Enerjisi Kullanım Şeması.



Görsel 20. Deniz Süngeri Kabuk Yapısı.

Bu gözenekli kule, rüzgâr türbinlerini barındıran dört adet açıklığa sahip olup rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretmektedir (Mirniazmandan ve Rahimianzarif, 2017: 5). Aynı zamanda içerdiği güneş panelleri ve radyant soğutma sistemleri binada enerji tasarrufu sağlamaktadır (URL-16). Yapıda "biçim performansı takip eder." ilkesi uygulanmıştır (URL-15).



Görsel 21. Pearl River Kulesi.

Sonuç ve Öneriler

21.yy'ın biyomorfik yaklaşımlı gökdelen tasarımlarının incelendiği bu çalışmada gökdelen yapılarının biçimlerinin doğa ile kurdukları ilişkinin ortaya çıkarılması amaçlanarak biyomorfik mimari tasarım alanına ilgisi olan tasarımcılara bir rehber yaratmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda biyomorfik tasarımların alt dalları olan mikromorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Evolution Tower (Evrim Kulesi), antropomorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Warp Skyscraper, fitomorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Organik Gökdelen, zoomorfik yaklaşımlı tasarım örneği olarak Pearl River Kulesi örnekleri incelenmiştir. İncelenen örneklerde biyomorfik yaklaşım hangi tasarım problemine doğadan ilhamlı biçimlenişleriyle nasıl çözüm önerisi getirdikleri Tablo 1 üzerinden açıklanmıştır.

Tablo 1

Biyomorfik Yaklaşımlı Mimari Tasarım Örnekleri, Tasarım Problemleri ve Çözümleri.

Yapı	Biçimsel Tasarım Yaklaşımı	İlham Alınan Özelliği	Canlı ve	Tasarım Problemi	Biyomorfik Yaklaşım Problem Çözümü	ile
------	----------------------------------	--------------------------	----------	---------------------	---	-----

Evolution Tower 2008-2015
(Moskova/Rusya, mevcut).



Görsel 8. Evolution Tower

Mikromorfik

İnsan DNA'sı

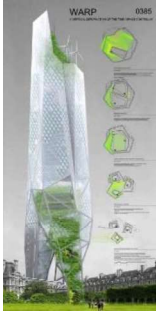


Görsel 10. DNA Sarmal Yapısı

Moskova kenti için bir ikon gökdelen yaratmak (URL-5).

İnsan evrimini temsilen DNA molekülünün sarmal yapısının bina biçiminde kullanılması (URL-5).

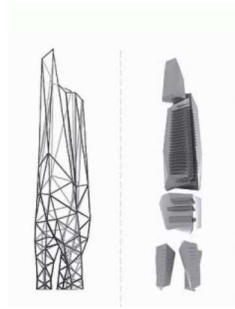
Warp Skyscraper 2007
(Yarışma projesi, mevcut değil).



Görsel 14. Warp Skyscraper

Antropomorfik

İnsan Vücudu



Görsel 13. Warp Skyscraper Konsept Çizimleri

Paris'in tarihi ve yoğun kent dokusu (URL-7).

Yapının zeminde kapladığı alanı azaltmak amacıyla insan bacağına masif gövdeyi taşımasının taklit edilmesi (URL-7).

Yapı	Biçimsel Tasarım Yaklaşımı	İlham Alınan Canlı ve Tasarım Problemi	Biyomorfik Yaklaşım ile Problem Çözümü
------	----------------------------	--	--

Organik Gökdelen 2014
(Yarışma projesi, mevcut değil).



Görsel 17. Organik Gökdelen

Fitomorfik

Bambu



Görsel 16. Bambu

Bir anda uzun bir strüktür inşa etmek ve ihtiyaç halinde dikeyde gelişim gösterecek bir yapı üretmek (URL-10).

Asya'da bulunan bambuların bir anda boylarının uzamaması, süreç içerisinde gelişim göstermeleri hem bina biçiminde hem de bina gelişim sürecinde kullanılmıştır (URL-11; URL-12).

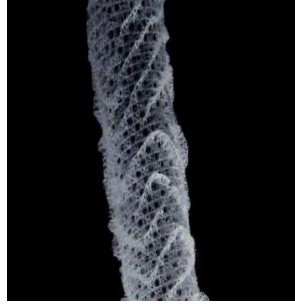
Pearl River Tower 2009-2014 (Çin/Guangzhou, mevcut).



Görsel 21. Pearl River Kulesi

Zoomorfik

Deniz Süngeri



Görsel 20. Deniz Süngeri Kabuk Yapısı

Sıfır enerjili bina tasarlamak (Gülova, 2013: 44).

Deniz süngerinin gözenekli yapısı sayesinde su kullanımının, cephedeki gözenekler ile rüzgar kullanımı ve bu sayede elektrik enerjisi üretiminde kullanılması (Mirniazmandan ve Rahimianzarif, 2017: 5; Gülova, 2013: 44).

Chayaamor-Heil ve Vitalis'e (2021: 240) göre biyoloji ve mimarlık birimlerinin ara kesiti genellikle mühendislik disiplinlerinde kendini göstermekte olup incelenen gökdelen tasarımlarından Evolution Tower (Evrin Kulesi) hidrolik tırmanır kalıp sistemi ve raylı tırmanma sistemi eğilen köşe kolonları ve cephe sistemi için kullanılmış olup (Nikandrov 2016: 15-16) bu kullanım mühendislik disiplinleri ile ilgilidir. Dixit ve Stefanska (2022: 8), biyoloji, teknoloji ve mimarlık birleşiminde, doğadan ilham alan yapıların malzeme ölçeğinde bu birlikteliğin önemini belirtmiş olup Warp Skyscraper'ın cephe malzemesi olarak ETFE (etilen-tetrafloroetilen) kullanılarak enerji etkin bina haline getirilmesi (İnner, 2019: 22) sürdürülebilir mimari açısından önem arz etmektedir. Ancak ilgili malzemenin kullanımının insan soyutlaması olan (antropomorfik yaklaşım) gökdelenin biçimlenişi ile ilişki kurulamamıştır. Malzemenin biyomorfik biçimlenişte etkisini görebildiğimiz gökdelen örneği Pearl River Tower olup deniz süngerinin gözenekli yapısı, cephede gözenekli bir malzeme kullanılarak taklit edilmiş (Tablo 1) bu noktada ilham alınan hayvanın özellikleri malzeme tercihinde etkili olmuştur. Gündoğdu ve Arslan'a (2020: 933-934) göre, doğadan ilham alan tasarımlarda yapı çevre ve yapı arasında uyum olması gerekmektedir. Bu olgunun karşılığı Warp Skyscraper'ın tarihi ve yoğun kent dokusunda zeminde yaya sirkülasyonunu kesmemek amacıyla insan bacağını, gökdelenin biçimlenişinde kullanması (Tablo 1) örnek oluştururken Asya'da bulunan bir bambunun gelişim sürecinin, gökdelenin gelişim sürecine benzer olması amacıyla bambu şeklinde biçimlendirilen ve İngiltere için tasarlanan Organik Gökdelen'in (Tablo 1), Asya koşullarında yetişen bir bitki ile bağlamsal birlikteliği kurulamamıştır. Doğadan ilham alan tasarımlar sürdürülebilir mimari için sosyal, ekonomik ve ekolojik olarak fırsatlar yaratabilmektedir (Zavoleas, 2021: 7; Daşkiran ve Minsolmaz Yeler, 2021: 135; Zhong vd., 2022: 135). Bu noktada sıfır enerji amacıyla Pearl Tower'ın deniz süngerinin biçimini taklit etmesi bu sayede enerji tasarrufu sağlaması (Tablo

1), Organik Gökdelen'in bambunun gelişimi gibi dikeyde gelişecek olan binanın devam eden süreçte, bina kullanıcılarının çöplerinin dönüştürülmesiyle inşa edilmesi (Tablo 1) ekolojik ve ekonomik; zemindeki tarihi dokuyu ve yaya sirkülasyonunu önemseyerek insan biçimlenişini gösteren Warp Skyscraper (Tablo 1) sosyal, Evolution Tower'ın ilgili mühendislik sistemlerini birlikte kullanmasıyla yapım maliyetinin azaltılması (Nikandrov 2016: 15-16) ekonomik olarak sürdürülebilirlik ilkeleri ile doğadan esinlenerek biçimlenen yapıların paralellik göstermiş olduğu söylenebilmektedir. Biyomorfik yaklaşımla biçimlenen gökdelen yapılarının kent için bir ikon, simge yaratarak odak noktası olma durumları (Elinç vd., 2023: 87) incelenen tüm gökdelen örneklerinin tasarımlarında dikkate alınan bir husus olup biyomorfik yaklaşımlı biçimlenişin tasarıma getirdiği özgünlük ve yaratıcılık incelenen tüm gökdelen örneklerinde gözlemlenebilmektedir.

Hızlı kentleşmeye karşı elimizde bir koz olan gökdelenlerin 21.yy'da biçimlenme mantıklarını anlamak, gelecek nesiller için önem arz etmektedir. Çünkü 21.yy., doğanın dengelerinin bozulduğu ve bu bozulmanın derin bir şekilde hissedildiği bir çağdır. Bu sebeple mimarlık, biyoloji ve teknoloji disiplinlerinin arayüzünde emek sarf eden herkesin geliştireceği bir çözüm veya bir çözüm önerisi gelecek nesillerin mimarlık ve doğa ilişkisinde kuracağı dengede önemli bir rol oynayacaktır. Bu kapsamda gelecek için biyomorfik tasarım yaklaşımına sahip gökdelen tasarlayacak olan tasarımcılara öneriler şu şekilde sıralanabilmektedir.

- 1- Biyomorfik tasarım yaklaşımı biçime etki etmektedir. Ancak ilgili biçimlenişin kullanılması estetik değerlerin ötesine geçmeli ve doğayla uyum sağlamak bu tasarım yaklaşımında mutlak bir zorunluluk haline gelmelidir.
- 2- Bir canlıya bir özelliğin bahşedilmesinin mutlaka doğadaki dengeler temelinde bir gerekçesi olup (çölde yaşayan canlıların su dengesi ile ilgili özellikler geliştirmesi, kutuplarda yaşayan canlıların kalın kürk, yağ dokusu geliştirmesi vb.) mimari tasarımlara entegre edilecek bu özelliklerde, bu özelliğin o canlıya bahşedilme nedenini anlamak bağlamla kurulacak ilişkide ve sürdürülebilirlik kapsamında önemlidir.

Bu çalışmanın bulguları kapsamında gelecekte tasarlanacak olan doğadan esinlenerek biçimlenen gökdelen tasarımlarında, tasarımcılara yol gösterici olacağı ve biyoloji-mimarlık disiplinleri ile ilgili literatüre katkıda bulunacağı değerlendirilmektedir.

Kaynaklar

- Agkathidis, A. (2016). Implementing Biomorphic Design Methods in Undergraduate Architectural Education. *In Proceedings of the 34th eCAADe Conference*, 291-298.
- Alik, B. (2021). *Hastane Mimarisinin Biyofilik Tasarım Parametrelerine Göre Değerlendirilmesi* [Doktora Tezi]. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arslan, S. & Sorgu, A. G. (2004). Similarities between "Structures in Nature" and "Man-made Structures": Biomimesis in Architecture. İçinde M. W. B. C. A. Collins (Ed.), *Design and Nature II* (ss. 45-54). WIT.
- Avinç Mutlu, G., Arslan Selçuk, S. (2018). Isıl Düzenleme Özelliğine Sahip Yapı Kabuğu Tasarımları İçin Biyomimetik Çözümler. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 3(1), 120-134. www.ejons.co.uk
- Aziz, M. Sabry. & El Sherif, A. Y. (2016). Biomimicry as an Approach for Bio-Inspired Structure with the Aid of Computation. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 707-714. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.10.015>
- Belostotsky, A. M., Akimov, P. A., Kaytukov, T. B., Petryashev, N. O., Petryashev, S. O. & Negrozov, O. A. (2016). Strength and Stability Analysis of Load-bearing Structures of Evolution Tower with Allowance for Actual

- Positions of Reinforced Concrete Structural Members. *Procedia Engineering*, 153, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.086>
- Beyaztaş, H. S. (2012). *Mimari Tasarımda Ekolojik Bağlamda Biçim ve Doğa İlişkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bletter, R. H. (1987). The Invention of the Skyscraper: Notes on Its Diverse Histories. *Assemblage*, 2, 110-117.
- Buram Çolak, B. ve Ayçam, İ. (2022). İklim ve Çevresel Şartlara Uyarlanabilir Adaptif Bina Cephesi ve Kabuklarının Örnekler Üzerinden Değerlendirilmesi. 2. *International Mediterranean Scientific Research and Innovation Congress*, 924-932. www.isarconference.org
- Chayaamor-Heil, N. ve Vitalis, L. (2021). Biology and Architecture: An Ongoing Hybridization of Scientific Knowledge and Design Practice by Six Architectural Offices in France. *Frontiers of Architectural Research*, 10(2), 240-262. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.10.002>
- Çelikel, S. B. ve Uçar, S. (2020). Biyomimikri: Doğayla Uyumlu Yeni Bir Tasarım Modeli. *NWSA Academic Journals*, 15(2), 51-60. <https://doi.org/10.12739/nwsa.2020.15.2.4c0235>
- Daşkiran, B. N. ve Minsolmaz Yeler, G. (2021). Biyofilik Tasarım Bağlamında Osmaniye Kadiri Belediyesi Hizmet Binasının Değerlendirilmesi. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 3(2), 119-136. <https://doi.org/10.53472/jenas.972155>
- Dixit, S. ve Stefańska, A. (2022). Bio-logic, A Review on the Biomimetic Application in Architectural and Structural Design. İçinde *Ain Shams Engineering Journal* (C. 14, ss. 1-11). Ain Shams University. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101822>
- Domosh, M. (1987). Imagining New York's First Skyscrapers, 1875-1910. *Journal of Historical Geography*, 13, 233-248.
- Elinç, E., Kaya, L. G. ve Aşıkutlu, H. S. (2023). Kule Tasarımlarında Biyomorfolojik Yansımalar: İstanbul Havalimanı Hava Trafik Kontrol Kulesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 19(1), 77-90. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1252401>
- El-Zeiny, R. M. A. (2012). Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 50, 502-512. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.054>
- Enes, Ö. (2022). Biyomimetik Yaklaşımın Moda Aksesuar Ürün Tasarımında Uygulanmasına Yönelik Bir Çalışma: Şekil Hafızalı Aksesuarlar. *TJFMD*, 4(1), 1-22. <https://ystudios.com/insights-passion/biomimicry-design>,
- Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri ve Ergonomi: Tasarımda Doğadan Yenilikçi İlham. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 3(3), 469-474.
- Eser, A. (2021). *Biyomorfik Yapıların Algısal Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. T.C. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Etherington, R. (2013). <https://www.dezeen.com/2013/11/20/the-museum-of-the-human-body-by-big/amp/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
- Fıstıkçı, K. N. ve Gündüz, E. (2021). Biyomimikri ve Mekânsal Tasarımdaki Yeri. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 11(24), 17-32. <https://doi.org/10.16950/iujad.971695>
- Girginkaya Akdağ, S. (2021). Biyofilik Tasarım ve Teknoloji Arakesitinde: Yeni Alışveriş Mekan ve Deneyimleri. *Kent Akademisi*, 14(4), 1043-1058. <https://doi.org/10.35674/kent.982905>
- Gülova, D. (2013). *Mimarlık'ta Doğaya Yönelim ve Biomimari* [Yüksek Lisans Tezi]. T.C. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gündoğdu, E. (2020). *Cephe Sistemlerinin Enerji Etkinliği Üzerine Biyomimetik Bir Değerlendirme* [Yüksek Lisans Tezi]. T.C. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gündoğdu, E. ve Arslan, D. H. (2019). Yapı Kabuğu Tasarımında Biyomimesis Kullanımının Örnekler Üzerinden Değerlendirilmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı, 2(4)*, 159-168.
- Gündoğdu, E. ve Arslan, H. D. (2020). Mimaride Enerji Etkin Cephe ve Biyomimikri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 8(4), 922-935. <https://doi.org/10.29109/gujsc.799424>
- Ha, N. S., Lu, G. (2019). A Review of Recent Research on Bio-Inspired Structures and Materials for Energy Absorption Applications. *Composites Part B: Engineering*, 181, 1-96. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107496>
- Hariyono, W. P. (2015). Vertical Cemetery. *Procedia Engineering*, 118, 201-214. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.419>
- İnner, S. (2019). Biyomimikri ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı ve Gelişimi. *Tasarım Enformatiği*, 1(1), 15-29.
- Kebabcı Bahadır, Ö. (2006). *Mimarlıkta Doğaya Uyum ve Elde Edilebilecek Kazanımların Örnekler Üzerinden İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khanzadeh, M. (2019). Bio Design Method; Learning Nature In Line With Technology. *Journal of Environmental and Natural Studies*, 12(4), 11-18. <https://www.jenas.org>

- Kim, J. & Park, K. (2018). The Design Characteristics of Nature-Inspired Buildings. *Civil Engineering and Architecture*, 6(2), 88-107. <https://doi.org/10.13189/cea.2018.060206>
- Klein, L. (2009). *A Phenomenological Interpretation of Biomimicry and Its Potential Value for Sustainable Design* [Master]. Kansas State University.
- Knippers, J. ve Speck, T. (2012). Design and Construction Principles in Nature and Architecture. *Bioinspiration and Biomimetics*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.1088/1748-3182/7/1/015002>
- Lepik, A. (2008). *Skyscraper*.
- Mazzoleni, I. (2010). Biomimetic Envelopes. *Disegnarecon*, 3(5), 99-112.
- Mirniazmandan, S. ve Rahimianzarif, E. (2017). Biomimicry an Approach toward Sustainability of High-Rise Buildings. *Journal of Architectural Engineering Technology*, 06(02). <https://doi.org/10.4172/2168-9717.1000203>
- Nikandrov, P. (2016). Upward Spiral: The Story of the Evolution Tower. *CTBUH Journal*, 3, 12-19. www.gorproject.ru
- Öztoprak, Z. (2020). Yaşamın İlkeleri ile Kenti Yeniden Düşünmek: Biyomimikri Temelli Bir Yaklaşım. *Kentleşme ve Ekonomi Özel Sayısı*, 11(Special), 1180-1204. <https://doi.org/10.31198/idealkent.654203>
- Pedersen Zari, M. (2009). An architectural love of the living: Bio-inspired design in the pursuit of ecological regeneration and psychological well-being. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 120, 293-302. <https://doi.org/10.2495/SDP090291>
- Radwan, G. A. N. ve Osama, N. (2016). Biomimicry, An Approach, for Energy Efficient Building Skin Design. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.017>
- Ripley, R. L. ve Bhushan, B. (2016). Bioarchitecture: Bioinspired Art and Architecture-a Perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2073), 1-36. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0192>
- Rosenfield, K. (2013). <https://www.archdaily.com/450388/big-selected-to-design-human-body-museum-in-france> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
- Saroglou, T., Meir, I. A., Theodosiou, T. ve Givoni, B. (2017). Towards Energy Efficient Skyscrapers. *Energy and Buildings*, 149, 437-449. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.057>
- Sherali, F., Ziyatov, U. (2022). Specific Features in Designing and Construction of Skyscrapers. *Academic Research in Educational Sciences*, 3(2), 106-110. https://t.me/ares_uz
- Slosson, E. E. (1923). The Chemistry of a Skyscraper. *The Scientific Monthly*, 17(2), 187-189.
- Smith, R. G. (2021). Why Skyscrapers After Covid-19? *Futures*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102839>
- Subaşı, M. ve Okumuş, K. (2017). Bir Araştırma Yöntemi Olarak Durum Çalışması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 419-426.
- Şahin, Ş. (2021). *Şifa Mekanları Kapsamında Biyomimikri Kavramı, Örnekleri ve Bir Uygulama Çalışması* [Yüksek Lisans Sanatta Yeterlilik]. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Tomlinson, R., Baker, W., Leung, L., Chien, S. & Zhu, Y. (2014). Title: Case Study: Pearl River Tower, Guangzhou. *International Journal on Tall Buildings and Urban Habitat*, 2, 12-17. www.som.com
- Uç Zeytün, B. (2014). *Mimari Tasarımda Biyomorfik Yaklaşımlar* [Yüksek Lisans Tezi]. Yakındoğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Upjohn, E. M. (1935). Buffington and the Invention of the Skyscraper. *The Art Bulletin*, 26(1), 48-70.
- Vitalis, L. & Chayaamor-Heil, N. (2022). Forcing Biological Sciences into Architectural Design: On Conceptual Confusions in the Field of Biomimetic Architecture. *Frontiers of Architectural Research*, 11(2), 179-190. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.10.001>
- Yeşilyurt, E. (2008). *Biyoloji Temelli Bilimsel Kuramlar ile Mimari Tasarım İlişkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, T. Ş. (2021). *Mimaride "Biçim Üretme" Sürecinde "Biyomimikri" Yaklaşımının İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Yorulmazel, K. (2020). *Yapı Biçimlenişinde Biyomimesisin Estetik Etkisinin İrdelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zavoleas, Y. (2021). Patterns of nature: Bio-systemic Design Thinking in Meeting Sustainability Challenges of An Increasingly Complex World. *Developments in the Built Environment*, 7, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2021.100048>
- Zhong, W., Schroeder, T. & Bekkering, J. (2023). Designing with Nature: Advancing Three-Dimensional Green Spaces in Architecture Through Frameworks for Biophilic Design and Sustainability. *Frontiers of Architectural Research*, 12, 732-753. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2023.03.001>

Zhong, W., Schröder, T. & Bekkering, J. (2022). Biophilic Design in Architecture and Its Contributions to Health, Well-Being, and Sustainability: A Critical Review. *Frontiers of Architectural Research*, 11(1), 114-141. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.07.006>

İnternet Kaynakları

- URL-1. <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-2. <https://www.archdaily.com/870649/dome-of-visions-atelier-kristoffer-tejlgaard> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-3. <http://www.atelierkristoffertejlgaard.com/portfolio/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-4. <https://www.skyscrapercenter.com/building/evolution-tower/19725> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-5. <https://www.guardianglass.com/tr/tr/projects/project-details/evolution-tower> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-6. <https://gorproject.ru/en/projects/evolution-tower/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-7. <https://www.evolo.us/warp-skyscraper/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-8. <https://architizer.com/projects/warp/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-9. <http://chartcorb.free.fr/london1.html> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-10. <https://www.archdaily.com/524225/organic-london-skyscraper-grows-as-residents-recycle> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-11. <https://www.dezeen.com/2014/07/18/organic-skyscraper-by-chartier-corbasson-architectes-is-made-from-office-rubbish/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-12. <https://www.farklibirbakis.com/organik-gokdelen-tasarlandi/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-13. <https://inhabitat.com/chartier-corbasson-unveils-plans-for-london-skyscraper-made-from-its-tenants-waste/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-14. <https://www.skyscrapercenter.com/building/pearl-river-tower/454> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-15. <https://www.architecturalrecord.com/articles/7971-pearl-river-tower> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 URL-16. <https://www.som.com/projects/pearl-river-tower/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).

Görsel Kaynaklar

- Görsel 1. <https://www.archdaily.com/450388/big-selected-to-design-human-body-museum-in-france/528da741e8e44e536800019b-big-selected-to-design-human-body-museum-in-france-photo> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 2. Yazar Arşivi (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 3. <https://homeklondike.site/2017/02/28/biomimicry-design-spiky-durian-roof-of-singaporean-theatre/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 4. <http://mimdap.org/2021/11/dome-of-visions-3-0/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 5. <https://cleanroomnews.org/viruslerin-ozellikleri-ve-sars-cov-2> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 6. Mazzoleni, I. (2010). Biomimetic Envelopes. *Disegnarecon*, 3(5), 99-112.
 Görsel 7. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Frafklar/lekeli-kertenkele> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 8. <https://www.skyscrapercenter.com/building/evolution-tower/19725> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 9. <https://gorproject.ru/en/projects/evolution-tower/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 10. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/dna-sarmal%C4%B1-arka-plan-%C3%BCzerinde-beyaz-3d-ill%C3%BCstrasyon-izole-gm938902014-256730994> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 11. Belostotsky, A. M., Akimov, P. A., Kaytukov, T. B., Petryashev, N. O., Petryashev, S. O., Negrozov, O. A. (2016). Strength and Stability Analysis of Load-bearing Structures of Evolution Tower with Allowance for Actual Positions of Reinforced Concrete Structural Members. *Procedia Engineering*, 153, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.086>
 Görsel 12. Nikandrov, P. (2016). Upward Spiral: The Story of the Evolution Tower. *CTBUH Journal*, 3, 12-19. www.gorproject.ru
 Görsel 13. <https://www.evolo.us/warp-skyscraper/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 14. <https://b2b.partcommunity.com/community/pin/22407/warp-skyscraper-e-volo-architecture-magazine> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 15. <https://b2b.partcommunity.com/community/pin/22375/warp-skyscraper-e-volo-architecture-magazine> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).
 Görsel 16. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2685935/Organic-skyscraper-paper-plastics-modelled-bamboo-grows-new-floors-needed-set-latest-addition-London-skyline.html> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).

Görsel 17. <https://inhabitat.com/chartier-corbasson-unveils-plans-for-london-skyscraper-made-from-its-tenants-waste/> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).

Görsel 18. Baker, W., Besjak, C., McElhatten, B., Li, X. (2014). Pearl River Tower: Design Integration towards Sustainability. *Structures Congress 2014*. (Boston, Massachusetts, United States). 747-757

Görsel 19. Tomlinson, R., Baker, W., Leung, L., Chien, S., & Zhu, Y. (2014). Title: Case Study: Pearl River Tower, Guangzhou. *International Journal on Tall Buildings and Urban Habitat*, 2, 12-17. www.som.com

Görsel 20. <https://inovatifkimyadergisi.com/deniz-sungerleri-yeni-nesil-gokdelenlere-ve-koprulere-ilham-verecek> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).

Görsel 21. <https://www.skyscrapercenter.com/building/pearl-river-tower/454> (Erişim Tarihi: 08.08.2023).