



Aralık / December 2019

Cilt/Volume: 3

Sayı/Issue: 2

ISSN: 2587-1706

Anadolu Öğretmen Dergisi
Anatolian Journal of Teacher



www.dergipark.gov.tr/aod

DOI: 10.35346/aod.604872

DOĞA VE İNOVASYON: OKULLARDA BİYOMİMİKRI*

Fatma AVCI

Milli Eğitim Bakanlığı, Eskişehir, Türkiye, fatma.epo@gmail.com

ÖZET

Doğadan esinlenerek teknolojik gelişmelerin sağlanması sonucunda biyomimikri bilimi ortaya çıkmıştır. Biyomimikri terimi ilk defa 1997 yılında Janine Benyus tarafından ortaya atılmıştır. Biyomimikri terimi, biyo ve mimikri kelimelerinden oluşmaktadır. Biyo, yaşam, doğa ya da hayat anlamlarına gelirken, mimikri ise taklit anlamına gelmektedir. İçinde bulunduğumuz çağda, tüm bireylerden meraklı, araştırmacı ve üretici olması beklenmektedir. Bu sebeple, bireylerin soru sormalarını, araştırmalarını, üretmelerini ve buluş yapmalarını teşvik edici ve bu konulardaki yetenek ve ilgilerini ortaya çıkarıcı eğitim süreçlerine dâhil olmaları gerekli görülmektedir. Biyomimikri bilimi ise, öğrencileri doğaya yaklaştırarak doğaya başka bir gözle bakmalarını sağlayıp, 21. yüzyıl becerileri olan yaratıcı düşünme, üretkenlik, vb. pek çok beceriyi desteklemektedir. Bu bağlamda okullarda yaygınlaşmakta olan STEM eğitimi içerisinde veya bağımsız olarak biyomimikri derslerinin yapılması, doğaya duyarlı, bilim ve teknolojinin gelişmesi için üreten, kendini bu yönde geliştiren, geleceğe yön veren çocukları yetiştirebilmemizde önemli katkılar sağlayacaktır. Doküman incelemesine dayalı olarak oluşturulan bu araştırmada biyomimikri biliminin öğrencilerde 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine yönelik etkisi, STEM eğitimi ile olan bağlantısı ve geleceği konusunda literatür bağlamında detaylı açıklamalara yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyomimikri, Doğa, 21. Yüzyıl Becerileri.

NATURE AND INNOVATION: BIOMIMICRY IN SCHOOLS

ABSTRACT

Biomimicry has emerged as a result of technological developments inspired by nature. The concept of biomimicry was first introduced by Janine Benyus in 1997. Biomimicry consists of the words bio and mimicry. Bio means life, nature or life, while mimicry means imitation. In this age, all individuals are expected to be curious, investigative and productive. For this reason, individuals are required to be involved in educational processes that encourage them to ask questions, research, produce and invent, and to reveal their talents and interests in these issues. Biomimicry, on the other hand, brings students closer to nature and makes them look at nature from another perspective. creative thinking, productivity, etc. supports many skills. In this context, conducting biomimicry courses in STEM education, which is becoming widespread in schools or independently, will make important contributions to raising children who are sensitive to nature, producing, developing and directing the future for the development of science and technology. In this study, which is based on document analysis, detailed explanations about the effect of biomimicry science on the development of 21st century skills in students, its connection with STEM education and its future are given in the context of literature.

Key words: Biomimicry, Nature, 21st Century Skills.

* V. TURKCESS- 5. Eğitim ve Sosyal Bilimler Kongresi'nde (27-29 Haziran 2019) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

Doğa, geçmişten günümüze kadar yeryüzünde var olan tüm uygarlıkları her açıdan etkilemiş, insanlığın yaşamını biçimlendirmiş ve biçimlendirmeye de devam etmektedir. Teknolojik amaçlar için doğayı taklit etme sanatı ve bilimi geçmişe dayanmaktadır. İlham almak için doğayı dikkatle inceleyen tarihin en önemli kişilerinden biri de Leonardo da Vinci'dir. 1480'lerde Da Vinci kuşların ve yarasaların uçuşlarını araştırmış ve bu bilgiyi uçan araçlara dönüştürmüştür. Bu tasarımların sahada hiç test edilmediğine dair tartışmalar olmakla birlikte, bu tasarımlar hala bugünkü mucitlere önemli derecede ilham kaynağı olmaktadır (Marshall, 2009). Leonardo da Vinci'nin "*İnsan zekâsı, doğanın keşiflerinden daha güzel, daha basit, ya da daha direkt bir keşfe asla imza atamayacak. Çünkü doğanın keşiflerinde ne bir şey eksiktir, ne de bir şey fazladır*" sözlerinden ve insanlığın var ettiği yönelimler, teknolojik atılımlardan hareketle denilebilir ki doğa, insanlık için her dönemde ve ortaya çıkan tüm gelişmelerde nitelikli bir kaynak görevi görmüştür (Öztürk, 2015). Günümüzde insanlık her çağda olduğundan daha fazla doğaya ve sunduğu olanaklara muhtaç durumdadır. Nitekim enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik gibi kavramlara verilen önem de doğaya dönüşü işaret etmektedir (Eryılmaz, 2015). Biyomimikri bilimi de, sürdürülebilir bir dünya için doğadan ilham almanın gerekliliğini ortaya koyarak, bu konuda günümüz araştırmacılarına yol göstermektedir (Arhon, 2017).

Biyonik, Biyometik, Biyomimikri, Biyotasarım, Biyomekanik, Organik Tasarım gibi kavramların tümünün temelindeki ana fikir "doğadan öğrenme" olarak aktarılmaktadır. Doğadaki bütün canlıların karşılaştıkları problemlere karşı geliştirdikleri çözümler, tasarımcıları çözüm arayışlarında doğadan öğrenme ve doğayı taklit etme gibi yaklaşımlara yönlendirmiştir (Karabetça, 2016; Yıldız, 2012). Doğadan esinlenerek teknolojik gelişmelerin sağlanması sonucunda ise Biyomimikri bilimi ortaya çıkmıştır. Biyomimikri, yaşayan sistemler teorisinin 1970'ler öncesindeki düşüncelerin yansıması sonucunda oluşan sentez ile 1970'li yıllara gelindiğinde çeşitli hareketler doğal tasarımdan, 1980'lerde ise endüstriyel ekolojiden formlarını almış ve 1990'ların başlarında yükselişe geçmiştir. 1990'ların sonunda da bir bilim olarak biyomimikri alanı doğmuştur (Özdoğan, 2015). Biyomimikri terimi, ilk defa 1997 yılında Janine Benyus tarafından ortaya atılmıştır. Benyus, biyomimikri terimini ilk kez 1997 yılında "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" adlı kitabında kullanmıştır. Bu alanın kurucusu olarak kabul edilen Benyus, doğa bilimleri yazarlığı yapmış ve bu konuda 6 kitap yazmıştır. Janine Benyus biyomimikri yaklaşımını açıklarken şu ifadeyi kullanmaktadır: "*Biyomimikri yaklaşımı konseptten yaratmaya ve değerlendirmeye kadar tasarımın her aşamasında doğanın tavsiyesini arıyor. Yenilikçiler sonuçlandırmak istedikleri tasarımlarının*

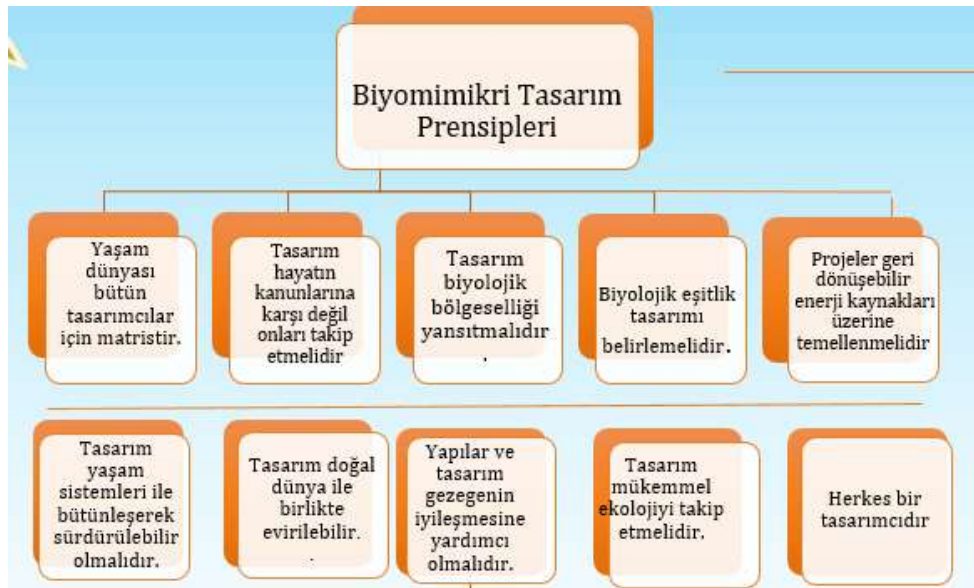
doğru fonksiyonlarını biyologlarla tasarım masasında birlikte çalışarak keşfediyorlar ve soruyorlar: Hangi organizma veya ekosistem hayatta kalmalarını hangi fonksiyonları yerine getirerek sağlıyor?”. Doğanın ilkelerinden faydalanmada biyoloji ve diğer birçok bilim arasında köprü olmayı amaçlayan ‘biyomimikri’ bilimi artık bugün akademik çevrelerce de sıklıkla kullanılmaktadır. Biyomimikri bilimi gün geçtikçe tanınmakla birlikte, akademik alanda yeni disiplinler arası çalışmalar ile de dikkat çekmektedir (Shimomura, 2010). Harvard Üniversitesi bünyesinde yer alan, Biyo-ilham Mühendislik Merkezi; Arizona State Üniversitesi’nde Biyotasarım Estitüsü; Georgia Tech’te biyolojiden ilham alan, Tasarım Merkezi; Duke Üniversitesi’nde biyolojiden ilham alan, Malzemeler ve Malzeme Sistemleri Merkezi; Doshisha Üniversitesi’nde Biyomimetik Araştırma Merkezi; Royal Insitute of Technology’de, Biyomimetik Fiber Mühendisliği gibi bölüm ve merkezlerin kurulması bu alanda ki gelişmelerin önde gelen örnekleri olarak sıralanabilir (Yıldız, 2012). Ayrıca artan bu ilgi ile birlikte bu alandaki konferans, sempozyum, kongre, akademik makale ve kitap sayıları da giderek artmaktadır. Bioinspiration & Biomimetics, Bionic Engineering, Biyomimetic, Biomaterials, ve Tissue Engineering dergileri biyomimikri ile ilgili hala yayın yapmakta olan önemli dergilerdir (Benyus, 1997).

Biyomimikri terimi “biyo” ve “mimikri” kelimelerinden oluşmaktadır. “Biyo”, yaşam, doğa ya da hayat anlamlarına gelirken, “mimikri” taklit anlamına gelmektedir (Benyus, 1997; “What is Biomimicry?”, 2018). Bu açıdan bakıldığında, biyomimikri aslında doğadan esinlenen inovasyon şeklinde ifade edilebilmektedir (Kennedy, 2004; Shimomura, 2010). Ancak biyomimikri sadece taklit etme ya da doğadan ilham almak değildir. Literatürde biyomimikri terimi; üç parametre üzerine tanımlanmıştır: ilki biçim veya işlevi taklit etmek, ikincisi doğada meydana gelen süreçleri taklit etmek ve üçüncüsü doğadaki sistemleri taklit etmektir (Benyus, 1997; Kenny, Desha, Kumar, Hargroves; 2012). Bu üç parametre ile biyomimikri tasarımları yapılarak inovatif süreçlerin ortaya çıkarılması mümkün olabilmektedir.

Bahsi geçen, doğada meydana gelen süreçler ve doğadaki sistemler aynı zamanda inovasyonun uygunluğunu değerlendiren ekolojik standartları kullanmaktadır. Sadece dünyadan ne aldığımız değil de ondan ne öğrendiğimiz üzerine temellenir (Benyus, 1997; Benyus, 2002). Biyomimikri bilimi, doğadan esinlenirken; doğanın içindeki formları, süreçleri, döngüleri ve sistemleri rehber alarak, doğanın öğretilerini gezegene daha az zarar veren çözümler ve teknolojiler geliştirmek için kullanır. Biyomimikri, ‘yeni bir inovasyon disiplini’, ‘yenilikçi bir tasarım anlayışı’, ‘çok disiplinli tasarım yaklaşımı’, ‘doğa ile yeni bir ilişki’ veya ‘sürdürülebilir gelişim etiği’ olarak da tanımlanabilmektedir. Biyomimikri, temelde tüm yaşam formlarına saygıyı öğütlemek ile birlikte, bugün insanlık olarak yüzleştığımız problemlerin

çözümlerinin doğada olduğu inancını kendi içerisinde barındırır. Örneğin, sürdürülebilirlik çalışmalarında doğa bize ne gibi ilhamlar verebilir? Doğa sürdürülebilirlik konusuna hakimdir ve her şeyi şaşmaz bir düzen içinde dönüştürür. Örneğin, doğada ağaçtan düşen yaprak karıncalar için iyi bir besindir; söz gelimi Cesarea Ağacı yetiştirdiği meyveden dolayı bünyesinde birçok türü barındırdığı için çeşitliliği sürdürürken aynı zamanda bulunduğu yerdeki birçok organizmanın da türünün devam etmesini sağlar (Karabetça, 2015). İşleyen bu doğal süreç pek çok organizmanın hayatta kalmasını sağlarken, bilim insanlarına, çeşitli bilim dallarında çalışan araştırmacılara da ilham olmaktadır.

Biyomimetik tasarımlarda doğanın tekniğini değerlendirme söz konusudur. Doğada tasarımcıların üzerinde düşünmesi gereken yararlı mekanizma potansiyeli oldukça fazladır (The Economic, 2005). Tasarımcıların bu potansiyelin farkında olup, doğru metodolojiyle doğadan ilham arayışı günümüzde amaçlanan bir durumdur. Biyomimetik tasarlama ise biyoloji kaynaklarının kullanılmasıyla tasarım problemlerinin kolaylıkla çözümlendiği, tasarımcıya farklı bakış açıları kazandırarak ufkunu açan ve yenilikçi fikirlere ilham yaratan bir yöntemdir (Yıldız, 2012). Biyomimetik ürünlerinin doğadaki biçimlere benzemesi gibi bir algı söz konusudur. Ürünler elbette ki biçimsel olarak esinlenen bir ürüne benzeyebilir fakat biyomimetik tasarımda amaç analogi değil daha ziyade doğanın dehasını kullanmaktır. Doğadan esinlenme sadece biçimsel değil, malzeme, strüktür ve işlevsel boyutlarında da olabilmektedir (Selçuk Arslan ve Gönenç Sorguç, 2007). Bu bağlamda Şekil 1’de Biyomimikri tasarım prensiplerine yer verilmektedir.



Şekil 1. Biyomimikri tasarım prensipleri (Jack-Todd ve Todd, 1993).

Doğanın sunduğu eşsiz olanakların değerlendirildiği Biyomimikri bilimine ilişkin çok sayıda ve alanı açıklayıcı tasarım örnekleri bulunmaktadır. Örneğin, çam kozalağından ilham alınarak tasarlanan akıllı giysiler ile değişen hava koşullarına uyum sağlayan kıyafetler kişinin vücut ısısı arttıkça kumaştaki ufak açıklıklar ortaya çıkarak hava sirkülasyonunu sağlamakta, vücut ısısı düşüncü ise tekrar kapanmaktadır ve böylece kişide oluşabilecek hipotermiyi önlemektedir. Yine penguen gözlerinden ilham alınarak tasarlanan turuncu renkli güneş gözlükleri, pilot, denizci ve kayakçılara parlak ışık, pus ve siste daha net bir görüş olanağı sağlamaktadır. Çünkü penguenlerin gözlerinde, güneş spektrumunun mavi ve ultraviyole renkleri filtrelemelerini sağlayan değerli bir sıvı bulunmaktadır ve bu biyomimikristlerin dikkatini çekerek onlara ilham kaynağı olmuştur. Ayrıca geliştirilen bu gözlüklerin katarakt ve maküler dejenerasyondan kaynaklanan göz rahatsızlığı olan hastalara da yararlı olacağına inanılmaktadır (Deyoung ve Hobbs, 2009). Bir diğer örnek ise mimaridir. Zimbabve'nin Harare şehrindeki iş merkezi 'Eastgate Building', termit yuvasındaki havalandırma prensiplerinden ilham alınarak inşa edilmiştir. Bilim insanları tarafından mimari deha termitlerin yuvaları bazı özellikleri ile gezegendeki en müthiş yapılar arasında görülmektedir. Biyomimikri bilimi için önemli bir model teşkil ettiği düşünülmektedir (Tzonis, Lefaivre ve Slogno, 2001). Bu nedenler; termit kolonisi yuvasını sürekli aynı ısıda kalacak şekilde inşa etmekte, yuvanın tepesindeki vanalar sayesinde ortam, zeminden ısınarak yükselen 31 derecelik sabit ısıya sahiptir. Isının sabit kalmasının nedeni, termitlerin yuva içerisinde beslenme amacıyla yetiştirdikleri mantarların, ısının sapması durumunda kaybedilme ihtimalidir. Termit kolonisi insanlardan farklı olarak, yuvanın ısısını sabitlemek için pahalı ve çevreye zararlı klima üniteleri kullanmamaktadır. Çok düşük maliyet ile ısı kontrolü yapabilmektedir. Yuvanın içine havalandırma kanalları döşeyerek gece soğuktan, gündüz ise sıcaktan etkilenmemektedir (Turner ve Soar, 2008). Doğada sapsızın işleyen tüm bu sistemler doğaya bir kâşif lensi ile bakabilen insanlar için çok kıymetli bir veri kaynağıdır.

Günümüzde hızla gelişen robot teknolojisi daha çok böceklerin sistemlerini inceleyip elektronik sisteme uyarlama uğraşındadır (Temel, 2017). Artık bir karınca ve sinek büyüklüğünde robotlar yapılabilmektedir. Sinekler gibi uçabilen, karıncalar gibi istenilen her yere girebilen, örümcekler gibi tavanda yürüeyebilen robotlar şu an üretilebilmekte ve gelişmiş ülkelerin önemli endüstri kuruluşları da bu çalışmalara büyük önem vermektedirler (Bar-Cohen, 2006; Hanson, 2006; Kresling, 2000). Ayrıca biyomimikri tasarım prensipleri, kentsel altyapı planlama ve tasarımı bağlamında "Akıllı Şehir" gibi geleceğin baskın şehir paradigmasını tamamlamada yararlanılmaktadır (Buck, 2015). Kısacası biyomimikriden destek alan kurum ve kuruluşlar, yeni ürün ve iş modelleri geliştirme açısından iş dünyasında

öne geçmekte, temel iş sorunlarına düşük maliyet ile yaratıcı cevaplar bulabilmekte ve planlarını nasıl daha fonksiyonel hale getireceklerine dair fikir sahibi olabilmektedirler (Akgün, 2012). Endüstri 4.0 ve İnovasyon faaliyetlerinin hız kazandığı şu günlerde ülke olarak teknolojik ürünlerin geliştirilmesi Endüstri 4.0'ı yakalamak için önem arz etmektedir. Türkiye'nin küresel boyutta rekabet edebilme gücünü arttırabilmesi için yeni teknoloji ürünlerinin geliştirilmesi ve teknoloji ihracatının arttırılması, hayati bir öneme sahiptir ve bu bağlamda tıpkı dünyadaki diğer örneklerde görüldüğü gibi teknolojik gelişmelerde, ekoloji, kaynak verimliliği ve sürdürülebilirliğe odaklanılması noktasında biyomimikri biliminden ve tasarım anlayışından faydalanılması yerinde olacaktır (Bulut ve Akçacı, 2017; Lasi, Fettke, Kemper, Feld ve Hoffmann, 2014; Vural 2004).

YÖNTEM

Bu çalışmada nitel araştırma yaklaşımlarından biri olan doküman incelemesi yöntemi benimsenmiştir. Doküman incelemesi, bir araştırma problemi hakkında belirli zaman dilimi içerisinde üretilen dokümanlar ya da ilgili konuda birden fazla kaynak tarafından ve değişik aralıklarla üretilmiş dokümanların geniş bir zaman dilimine dayalı analizini olanaklı kılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu bağlamda biyomimikri bilimi, 21. Yüzyıl becerileri, STEM eğitimi konuları ile ilgili olmak üzere ulusal ve uluslararası makale, kitap, tez ve bildiri gibi akademik çalışmalar ile dünyaca tanınan kurum ve kuruluşların web siteleri gibi güvenilir kaynaklardan elde edilen veriler ve üst politika belgelerinin yanı sıra projelerden elde edilen veriler araştırmada veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Evren ve Örneklem

Bu çalışmanın evrenini biyomimikri konusunda yapılan tez, makale, kitap, internet haberleri, siteler, bloglar; konferans, kongre, sempozyum çalışmaları ve bildiriler oluşturmaktadır. Evrenini ise 1997-2019 yılları arasında yazılmış/yapılmış olan ulusal ve uluslararası kitap, tez, makale, bildiri çalışmaları ile kongre, sempozyum, konferans gibi bilimsel çalışmalarda yapılan sunumlar, projeler, politika belgeleri, öğretim programları vb. çalışmalar oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemine ise yapılan ulusal ve uluslararası alan yazın taraması ile elde edilen verileri ve bu verilerin incelenmesi sonucunda biyomimikri çalışmalarının öğrenciler de ne tür becerilerin gelişimine olanak sağladığı, özellikle 21. Yüzyıl eğitimi ve becerileri çerçevesinde irdelenmeye çalışılmıştır. Doğadan esinlenme konusunda en fazla çalışılan ülkelerin başında ABD gelmektedir. Amerika'da bu konuda 79 tez çalışılmıştır. Türkiye'de ise ikişer tez ile Orta Doğu ve İstanbul Teknik Üniversitesi ile Marmara Üniversitesi

doğadan esinlenme konusunda çalışma yapmışlardır. Ülkemizde bu alanda, özellikle öğrencilerinde 21. Yüzyıl becerilerinin gelişiminin hedeflendiği okul yapıları bağlamında biyomimikri çalışmalarının okulda eğitim sürecine neden ve nasıl entegre edilebileceğini konu alan çalışma çok az sayıdadır. Bu konuda yazılmış Yıldırım (2019) ve Yakışan ve Velioğlu'nun (2019) çalışmalarına rastlanmıştır. Bu açıdan araştırma, alan yazında hem biyomimikri alanının eğitim ile ilişkisi hem de 21. Yüzyıl becerileri ile ilişkisini kurmaktadır. Bu yüzden bu çalışmanın sonraki çalışmalara temel oluşturabileceği ve bu konuda çalışan araştırmacılara yol gösterebileceği düşünülmektedir.

Veri Toplama Süreci

Araştırmada veri toplama sürecinde kullanılan kitaplara araştırmacının kütüphanesinden, e-kitaplardan veya kütüphane hizmetlerinden faydalanılarak ulaşılmıştır. Makalelere ise Google Akademik veri tabanları üzerinden ve DergiPark Akademik üzerinden yapılan taramalar ile ulaşılmıştır. Biyomimikri alanı ile ilgili çalışmaların yer aldığı internet sitelerine bakılmıştır. “Biyomimikri”, “21. Yüzyıl becerileri”, “STEM” kelimeleri arama motoruna yazılarak, çok sayıda makale ve bildiri taranmıştır. Erişilen makale ve bildirilerden 30'u indirilerek incelenmiş ve araştırmada atıf yapılarak, kaynakçada yer verilmiştir. Ayrıca aynı kelimeler YÖKTEZ sistemine de yazılarak bu kelimelerin geçtiği tezlere göz gezdirilmiş, tez içerisinde biyomimikri alanına değinme durumuna göre araştırma kapsamına alınmıştır. Bu bağlamda, 21. Yy. becerileri konusunda yazılmış 15 tezden elenerek 5 tanesi indirilmiş ve incelenmiştir; STEM ya da FeTeMM kelimeleri taratılarak toplamda 130 teze ulaşılmıştır. Bu tezlerden 9 tanesi araştırma ile ilgili olduğu düşünülerek, indirilmiş ve incelenerek araştırmada yer verilmiştir. Ayrıca biyomimikri içerikli internet sitelerine ulaşılarak içerikleri incelenmiştir. Araştırma ile ilişki olanlara araştırmada yer verilmiştir.

Verilerin analizi ve yorumlanması

Verilerin analizinde ise betimsel analiz yöntemi (Yıldırım ve Şimşek, 2008) kullanılmış olup araştırmanın amacı doğrultusunda, daha önceden temalar oluşturulmuş olup temalar doğrultusunda yapılan detaylı alan yazın taraması sonucunda elde edilen veriler aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmiştir.

Biyomimikri ve 21. Yüzyıl Becerileri

Araştırmada 21. Yüzyıl becerileri konusunda “2023 Eğitim Vizyon Belgesi” gibi üst politika belgeleri, Partnership for 21 Century Skills Kurumunun yayınladığı raporlar, alanda

yazılmış tezler (Çolak 2018; Çolak, 2019; Erdoğan, 2019; Murat, 2018; Yeniay Üsküplü, 2019) ve makalelere (Cansoy, 2018; Gelen, 2017; Sumrall, Sumrall ve Robinson, 2018; Yalçın, 2018; Yıldırım, 2019) ulaşılmıştır. Yapılan alan yazın taraması bağlamında, denilebilir ki eğitim küreselleşen dünyada ekonomik büyüme ve rekabet gücünün artırılmasında etkin bir role sahiptir. Günümüz bilgi toplumunda eğitimin sürekliliği ön plana çıkmaktadır (Aktan ve Vural, 2016; Taş ve Yenilmez, 2008). İçinde bulunduğumuz yüzyıl içerisinde gerçekleşen baş döndürücü teknolojik gelişmeler, örgün eğitim sistemini doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkilemektedir. Öğretim programları güncellenmekte ve yapılan açıklamalar ile öğrencilerin 21. yüzyıla ait beceriler ile donatılmasının önemi vurgulanmaktadır (Çolak, 2018; Bektaş, Sellum ve Polat, 2019; TTK, 2018; YEĞİTEK, 2016).

İçinde bulunduğumuz çağda, tüm bireylerden meraklı, araştırmacı ve üretici olması beklenmektedir. Bu sebeple, bireylerin soru sormalarını, araştırmalarını, üretmelerini ve buluş yapmalarını teşvik eden ve bu konulardaki yetenek ve ilgilerini ortaya çıkaran eğitim süreçlerine dahil olmaları gerekli görülmektedir. Partnership for 21 Century Skills Kurumu (P21)'na (2016) göre, eğitim programları, 21. yüzyıl becerilerinin gelişiminde temel konular ve disiplinler arası konular çerçevesinde öğretime uygun olmalıdır. 21. yüzyıl disiplinler arası temaları, temel konularla iç içe geçmeli, akademik gelişim bu temalar çerçevesinde sağlanmalıdır. 21. yüzyıl disiplinler arası temaları; küresel farkındalık, finans, ekonomi, iş ve girişimcilik okur-yazarlığı, vatandaşlık okur-yazarlığı, sağlık okur-yazarlığı, çevre okur-yazarlığı olarak sıralanmaktadır. Hem mesleklerin hem de gündelik hayatın çok yönlü bir hal almasıyla eğitimde müfredatın temelini oluşturacak konuların 21. yüzyılın ana tartışma konuları olan küresel farkındalık, sağlık ve çevre bilinci, vatandaşlık ve ekonomi anlayışı ile harmanlanması gerekmektedir (Yeniay Üsküplü, 2019). Öte yandan Avrupa Birliği'nin 21. yüzyıl becerilerine ilişkin attığı adımlar Türkiye'nin eğitim uygulamalarını da doğrudan ilgilendirdiği için ayrıca bir önem taşımaktadır. "Hayat Boyu Öğrenme için Temel Yeterlilikler - Bir Avrupa Referans Çerçevesi" belgesinde, bilim-teknolojideki temel yeterlilikler maddesi belirledikleri 8 temel yetkinlik alanı içerisinde yerini almaktadır (Avrupa Birliği, 2007). Bunun yanında belgede temel yetkinlikler çerçevesinde, 21. yüzyıl becerilerine işaret eden yaratıcılık ve yenilik becerileri, problem çözme, eleştirel düşünme, karar alma, riskleri değerlendirme, disiplinler arası çalışma, ekolojik okuryazarlık becerileri, bilimsel süreç becerileri, tasarım ve üretim becerileri, girişimcilik ve yapılandırıcı duygu yönetimi temalarına da değinilmektedir. Ayrıca PISA ve TIMSS sınavlarında başarının artırılabilmesi yönüyle de 21. yy. becerileri kazandırılmasının önemi çeşitli araştırmalarda vurgulanmaktadır (Cansoy, 2018; Gelen, 2017;

Yalçın, 2018) . Bu bağlamda eğitim kurumları bu becerilerin niçin gerekli olduğu ve nasıl geliştirileceği konusunda öğrencilere fırsatlar sağlamalıdır (Besler, 2015).

Biyomimikri uygulamaları çocuklarda sıralanmakta olan 21. yüzyıl becerilerinin gelişimi için oldukça faydalı olabilir. Öğrencilerin doğayla olan kopmuş bağlarını tekrar kurmak, doğayı tanıyarak sevmelerine yardımcı olmak ve bilimsel bir bakış açısıyla doğanın ne kadar ilham verici eşsiz bir kaynak olduğunu anlamaları noktasında da biyomimikri uygulamaları etkilidir (Biomimicry Institute, 2017; Erden ve Şimşek, 2018). Biyomimikri tasarım örnekleri doğadaki gözlemlerden ortaya çıktığı gibi biyolojik incelemeler gerektiren farklı disiplinlerin bir arada çalışarak uygulandığı çalışmalardır. Biyomimikri bilimi ile çocuklarda pek çok 21. yüzyıl becerisinin geliştirilmesi mümkün olabilir, bu beceriler;

- Yaratıcılık ve yenilik becerileri,
- Bilimsel süreç becerileri,
- Ekolojik okuryazarlık becerileri,
- Disiplinler arası çalışma becerileri,
- Tasarım ve üretim becerileri şeklindedir (Sumrall, Sumrall ve Robinson, 2018, Sorlu, 2010; Yakışan ve Veliöğlu; 2019; Yıldırım, 2019).

Biyomimikri bilimi Ekoloji ve Çevre Bilimi gibi pek çok bilimden beslenmektedir. Çocuklarda ekolojik okuryazarlık becerisinin gelişimi, 2023 Eğitim Vizyon Belgesi'nde de geçmekte ve hedeflenmektedir. Okullarda biyomimikri çalışmalarının yapılması doğayı ve işleyişini sadece ekranlardan tanımaya ve anlamaya çalışan günümüz Z kuşağı çocukların doğaya ilişkin farkındalık, bakış açısı, gözlem yeteneği, bilgi artışı sağlayarak, uzun vakitlerini geçirdikleri sanal alemden uzaklaşıp, tekrar doğa ile ilişkilerini canlandırmada faydalı olabilecektir (Avcı ve Er, 2018).

Okullarda Biyomimikri Çalışmaları

Eğitim ortamlarında temelde sorgulama ve problem çözme becerilerinin gelişimine dayalı olarak eğitim sürecinde inovatif öğrenme yöntemlerine imkân tanınmalıdır. Öğrenme ortamı, paylaşımcı ve işbirliğine dayalı olmalı; proje ve uygulama odaklı çalışmalarla öğrencilere gerçek dünya bağlamları içinde öğrenme olanağı sunulmalıdır. Ayrıca öğrenme eylemi, öğrencilerin potansiyellerinin en üst noktasına ulaşabilmeleri noktasında herhangi bir mekân ve zamanda gerçekleştirilerek, buna yönelik eğitim planları hazırlanabilir (P21, 2016). Dolayısıyla çocuklara doğada eğitim olanakları sunulması, doğada doğrudan gözlem, kayıt becerilerinin

gelişimi, edinilen bilgilerin okulda sağlanan teknolojik olanaklar ile üst düzey öğrenmelere fırsat tanınması mümkündür.

Araştırmada yapılan doküman incelemesi ile biyomimikri biliminin uygulanması sırasında doğada ki canlı ve cansız varlıklardan esinlenerek, bir ürün oluşturulurken iki temel süreç ele alınmaktadır; bunların ilki doğa gözlemi, ikincisi ise bu gözlemler sonucunda tasarımlar yapılmasıdır (Alawad ve Mahgoup, 2014; Zari, 2007). Okullarda yapılacak olan biyomimikri tasarım çalışmalarının farklı yöntemler ile sürdürülmesi mümkündür. Yapılacak çalışmalarda tasarım sistematığı olarak;

1. Doğadaki modelleri keşfetme (Keşif aşaması),
2. Biyolojik prensipleri soyut hale getirme (Farklı disiplinler ve bilimlere yönelerek keşfin bilimsel temellerinin ortaya konulması, açıklamalar getirilmesi),
3. Tanımlanan çözümün hangi alanlara yenilik getireceği ve hangi problemlere çözüm sunacağına açıklanması,
4. Ulaşılan çözümlere yönelik sürdürülebilirlik bağlamında doğanın stratejisini taklit etme aşaması,
5. Çözümün değerlendirildiği yaşamın ilkelerini değerlendirme benimsenmektedir (Yıldız, 2012).

Sıralanan sistematığın uygulanmasından sonra da biyomimikri tasarım süreci sonlanmamaktadır. Öğrencileri önemli bir sorgulama ve düşünme aşaması beklemektedir. Mevcut problemimize yönelik olarak ortaya kabataslak olarak çıkan çözümün sonraki aşamalarının geliştirilmesi için tanımlamalar yapılması ve çözüme yönelik detayların düşünüleceği yeni sorular belirlenmekte ve çözümün çevreye uyumluluğu, malzeme veya enerji tasarrufu gibi sürdürülebilirlik ile ilgili konular göz önünde bulundurularak ancak tasarım süreci tamamlanması mümkün olabilecektir. Şekil 2’de okullarda biyomimikri tasarım sürecine yönelik bir uygulama sıralaması verilmektedir.



Şekil 2: Okullarda biyomimikri tasarım süreci (Yıldırım, 2019).

Biyomimikri tasarımına en bilinen örneklerden biri olarak, Georges de Mestral'ın doğadaki gözlemlerinden ortaya çıkan biyomimetik tasarım fikri verilebilir. İsveçli mühendis Georges de Mestral, 1948 tarihinde köpeğiyle yürürken, pıtrak otu (*Xanthium Spinosum*) meyvelerinin pantolonuna ve köpeğinin tüyelerine takıldığını fark eder, büyüteçle baktığında pıtrak otu meyvelerinde yüzlerce küçük kanca görür. Bu bulgulara dayanarak de Mestral, genellikle küçük esnek naylon kancalardan yapılmış ve günümüzde tekstilde, endüstriyel tasarımda ve birçok alanda sıklıkla kullanılan 'velcro' bağını icat eder. Pıtrak otunun dokusal strüktürü yeni bir ürünün tasarımına ilham vermiş ve bu özellik taklit edilerek başarılı sonuçlara ulaşılmıştır (Stacey, 2015). Yıldırım'ın (2019) yapmış olduğu araştırmada, öğretmen adaylarına ilk önce doğayı gözlemlene fırsatı sunulmuş ve sonrasında doğadan esinlenerek yeni bir tasarım oluşturmaları istenmiştir. Bu sayede öğretmen adaylarının, doğayı gözlemleyerek mühendislik dizayn süreçleri sonucunda ortaya bir ürün çıkarmaları sağlanmıştır. Aynı süreç göz önünde bulundurularak, öğretim programına entegre bir şekilde ilkökul kademelerinden başlayarak biyomimikri çalışmalarının yapılması mümkündür.

Yakışan ve Velioğlu (2019) araştırmalarında, ilkökul 4. Sınıf öğrencileri hayvanların özelliklerinden yararlanarak 1 ders süresi boyunca biyomimikri tasarımları yapmışlardır. Ardından araştırmacılar çizilen bu tasarımları analiz etmişler ve araştırma sonuçlarına göre, öğrencilerin çeşitli hayvanlardaki farklı özelliklerden yararlanarak çok çeşitli teknolojik ürün tasarımı çizdiklerini tespit etmişlerdir. Öğrencilerin tasarladıkları teknolojik ürünler ile ilgili çizimlerine yaşamış oldukları coğrafi çevreden öğrendiklerinin ve sosyalleştikleri ortamların etkisinin olduğu görülmüş, özellikle öğrencilerin bilgisayar vb ortamlarda oynadıkları savaş oyunları ve TV haberi ve filmler gibi ortamlarda gördükleri savaş görüntülerinden dolayı daha

çok savaş ve savunma teknolojisine yönelik tasarım ürünlerine yönelik çizimler yaptıkları görülmüştür. Biyomimikri tasarım sürecinin okullarda uygulama örneğini teşkil eden bu çalışma bu bağlamda önemli bir işarettir. Biyomimikri bilimi, doğa hakkında öğrenmekten doğadan öğrenmeye geçiş sürecini ve dünyaya farklı bir lensten bakarak anlamlandırmayı, yorumlamayı gerektirmektedir (Arhon, 2017). Biyomimikri tasarım çalışmalarının her kademedeki eğitim kurumlarında yaygınlaşması, çocukların doğaya bakış açısını değiştirerek, bilimsel düşünme becerisini, yaratıcı ve üretici düşünme gücünü güçlendirecektir.

J. Sumrall, M. Sumrall ve Robinson araştırmalarında (2018), 1. sınıf öğrencilerini dörderli gruplar halinde işbirlikli bir şekilde çalışmalarını sağlayarak, bir biyomimikri sınıf uygulaması yapmışlardır. Öncelikle biyomimikri çalışmalarına dair spesifik çeşitli örneklerin gösterildiği öğrenciler, doğadan esinlenerek yaratıcı kamuflaj tasarımlarını çizmişler, yapmış oldukları tasarımları arkadaşlarına sunmuşlardır. Araştırmada öğrencilerin doğanın işleyişi hakkında düşünceleri sağlanmış ve yaratıcı düşünme becerilerinin geliştirildiği ortaya konulmuştur.

Okullarda yapılacak biyomimikri tasarım çalışmaları ile çocukların doğaya olan ilgi ve merakı, yaratıcılık ve girişimcilik becerilerinin etkisi ile üretime dönüşmesi; mühendislik süreç becerilerinin de etkisi ile ortaya özgün ürünler çıkması mümkündür. Öte yandan öğrenciler eğitim sürecinde biyomimikri uygulamaları sırasında yaptıkları tasarımlarda tasarımın gerçekçi olması, ekonomik olması, kullanılabilirlik ve dayanıklılık özelliklerine dikkat etme özelliklerini de kazanabileceklerdir (Yıldırım, 2019). Biyomimikri çalışmaları ile çocukların okulların sınırlarını aşarak, sınıf duvarlarının ötesinde, dokunabilecekleri gerçek bir dünya üzerinde çalışarak, vizyoner bakış açıları, doğuştan getirdikleri yaratıcılıkları ve şekillendirme arzularıyla, problem çözme becerilerinin gelişmesine, proje tabanlı çalışmalar yapabilmelerine, doğadan ilham alarak, dost teknolojiler tasarımlarına olanak tanımaktadır (Biomimicry Institute, 2017). Eryılmaz çalışmasında (2015), biyomimikri uygulamaları sırasında oluşturulan tasarımlarda ergonomikliği üzerinde durmuştur dolayısıyla çocukların yapacağı biyomimikri tasarımlarının pek çok açıdan düşünsel süreç içermesi gerektiği bu durumun da çocuklarda bu konuda da gelişmelerinin sağlanabilmesi mümkündür.

Biyomimikri ve STEM

21. yüzyılın rekabet dünyasında bireylerden beklenen özellik ve yeterlilikler de değişmiştir. 21. yüzyılda ayakta kalabilen, disiplinler arası çalışan, ortak çalışma yapan, etkili iletişim kuran ve yaratıcı bireylere ihtiyaç duyulmaktadır (Yalçın, 2018). Bu özelliklere sahip

bireylerin yetiştirilmesi için yeni ve farklı eğitim yaklaşımları üzerinde durulmaktadır. Bu eğitim yaklaşımlarından biri de STEM eğitimidir (Hynes ve Santos, 2007). Bu eğitim yaklaşımı dünya genelinde meydana gelen ekonomik gelişmeler ile de yakından ilişkilidir (National Research Council [NRC], 2011). STEM eğitimi bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının entegre bir şekilde verildiği giderek yaygınlaşan bir eğitim yaklaşımıdır (Yıldırım ve Altun, 2014; Zhou, 2010). STEM eğitimi temelinde Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik disiplinleri arasındaki ayrımı ortadan kaldırarak, bu disiplinler arasındaki bütünleşmeyi uyumlu bir şekilde oluşturarak, anaokulundan üniversiteye kadar verilecek proje tabanlı eğitim yaklaşımıyla soru soran, araştıran, üreten ve yeni buluşlar yapabilen bir neslin yetiştirilmesini amaçlamaktadır (scientix. meb, gov.tr).

Teknoloji temelli bu çağdaki problemlerin de çok disiplinli olmalarından dolayı, öğrencileri 21. yüzyılda rekabetçi olmaya hazırlamak için STEM yaklaşımına önem verilmesi gerektiği araştırmalarda yer almaktadır (Moore, Guzey, Roehrig ve Lesh, 2018). Öğrencilerin soru sorma, araştırma, üretme, buluş yapma becerilerini ve ilgilerini ortaya koyabilmesi için eğitim süreçlerinde STEM alanındaki bilgilerini ve becerilerini bir araya getirebildikleri proje tabanlı STEM eğitimi etkinliklerinin içine dahil edilmeleri gerekmektedir. STEM çalışmalarına entegre olarak yürütülebilecek olan Biyomimikri tasarım çalışmaları ise öğrencilerde, sorgulama, analiz etme, yaratıcılık, tasarım becerisi, üreticilik, bilimsel okur yazarlık becerisi, özgüven gelişimi gibi pek çok beceri alanında gelişimlerini sağlayabilecektir (Yıldırım, 2019; Williams, Barber, ve Sheppard, 2019).

Biyomimikri ve STEM disiplinler arası çalışma yapılmasının gerekli olduğu alanlardır (Ban-Cohen, 2006). STEM eğitimi alanları ile ilgili literatürde iki farklı görüş mevcuttur: İlki ve yaygın olan görüş, STEM eğitimi alanlarını fen, teknoloji, mühendislik ve matematik olarak sıralamaktadır. İkinci ve daha az yaygın görüş ise STEM eğitimi alanlarını bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik olarak sıralamaktadır. İki görüş arasındaki temel fark *science* kelimesinin birinci görüşte fen olarak, ikinci görüşte ise bilim olarak dilimize çevrilmesidir. Çevirideki ufak değişiklik gibi görünen bu farklılık aslında oldukça önemlidir. Birinci ve yaygın olan görüşte olduğu gibi STEM'i fen, teknoloji, mühendislik ve matematik olarak kabul etmek alanı sadece pozitif bilimlerle sınırlamaktadır. İkinci durumda ise pozitif bilimlere ek olarak sosyal ve beşeri bilimlere de kapı açmaktadır (Altunel, 2018). Yıldırım ve Altun'a (2014) göre, birçok çalışmada bahsedildiği gibi *science* kelimesi, fen kelimesinden daha geniş anlam ifade etmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda STEM eğitimi alanlarını bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik olarak sıralamak daha kapsayıcı olmaktadır. Biyomimikri çalışmaları için biyoloji, mühendislik, ekonomi bilimi, robotik, nörobilim, biyomekanik, sanat,

mimari ve diğer birçok ilgili alanın birlikteliğini kapsayabilmektedir (Hwang, Jeong, Min Park, Hong Lee, Hong, and Choi, 2015; Moore, Guzey, Roehrig ve Lesh, 2018).

Biyomimikri ve STEM insanlığın ilerlemesini sağlayan, teknoloji ölçekli önemli buluşlara fırsat vermektedir. Biyomimikri ile doğayı kılavuz olarak alıp bugün insanlığın ciddiyetle üzerinde düşündüğü sürdürülebilirlik, temiz enerji, düşük maliyet ve çevre kirliliği gibi konularda önemli buluşlar ortaya atılabilir. Okullarda yapılan STEM eğitimleri başlığı altında yapılan biyomimikri çalışmaları öğrencileri yaparak-yaşayarak öğrenme ve gerçek dünya sorunları ile yüzleştirerek, ekolojik okuryazarlık becerilerini geliştirmelerine olanak tanırken, çok daha önemli bir beceriyi de kazanım olarak eklemektedir. Çocuklara tüm dünyanın yüzleştiği önemli sorunlara somut çözümler ve umutlu bir vizyon sunmaktadır. Gezegenimizin geleceği içi düşünme ve üretme imkanını sunması, “Biyomimikri çalışmalarına okullarda neden yer verilmelidir?” sorusuna öğrencilerde önemli becerilerinin gelişimini sağlamanın yanı sıra bir diğer önemli katkısını ortaya koymakta ve cevap olabilmektedir (Biomimicry Institute, 2017) .

Yıldırım, Fen Bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde Biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşlerini aldığı araştırmasında (2019), 1.5 ay kadar bir süre öğretmen adayları ile yusuçuk böceği, yalıçapkını kuşu ve yapraklar üzerinde biyomimikri çalışmaları yapmış, tasarım çalışmaları sırasında mühendislik dizayn süreçleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda öneri olarak, STEM eğitiminde biyomimikri uygulamaları ilköğretim, ortaokul, lise ve üniversite düzeylerinde uygulanabileceği ifade edilmiştir. Bu bağlamda okullarda STEM eğitime kaynaşık biyomimikri çalışmalarının yapılması yararlı olacaktır.

Biyomimikri ve Gelecek

Üretimden tasarıma, iş süreçlerinde sürdürülebilir büyümeye, kârlılıktan rekabetçiliğe kadar pek çok noktada farkındalık yaratan disiplin olarak biyomimikri bilimi günümüzde öne çıkmaktadır (Akgün, 2012). Biyolojik olarak ilham alan çözümler yararlı ve inovatif oldukları halde, doğadan alınan ilhamın çoğunluğu şans eseri olarak gözlemler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla artık bireylerin doğaya olan bakış açısının değişmesi gerekmektedir. Altun (2011)’unun, belirttiği gibi “doğa 3,8 milyar yıldır muntazam bir şekilde Ar-ge çalışması yapmaktadır”. Çağımızda eğitimde yaşanan gelişmeler ile eğitim sürecinin merkezinde yer alan merak duygusu ile dolu olan küçük yaşta ki çocukların ancak doğaya yöneltildiğinde, doğada vakit geçirmelerinin ve doğada ki kusursuz düzenin gözlemcisi olduğunda gelecek için inovatif potansiyellere dönüşebilecekleri düşünülmektedir.

Biyomimikri toplumun ve bireylerin problemlerini çözmek için ekonomik ve çevreye duyarlı bir çalışma alanıdır (Eryılmaz, 2015). Önemli bir amacı, doğal kaynakların yok olmasını yavaşlatmak ve etkin kaynak kullanımını yaygınlaştırmak ve ülkelerin ekonomilerine kazanım sağlamaktır (Mims, 2012). Biyomimikri tasarım prensiplerinin arasında çözümün çevreye uyumluluğu, malzeme veya enerji tasarrufu gibi sürdürülebilirlik ile ilgili konular yer almakta ve göz önünde bulundurulmuş bu prensipler ile sürecin tamamlanması temel hedef olarak benimsenmektedir. Dolayısıyla biyomimikri bilimi, günümüz çevre sorunlarına temelden çözümler üretme noktasında çok önemlidir. Arhon (2017), doğanın temel prensiplerinden birinin hayatın devamı için en verimli koşulları yaratmak olduğunu belirtmektedir. “Doğa bu problemi nasıl çözer?” sorusunu sormak özgün bakış açıları ve çözümleri tetiklemektedir. Öte yandan insanlık bu temel prensibe her zamandan daha çok benimsemeye ihtiyaç duymaktadır. Çünkü Her ne kadar hızlı sanayileşme oranı, yaşamı uzatmaya ve hastalıkların üstesinden gelmeye yardım etse de, insan yaşamını etkileyen kirliliği ve çevresel yıkımı da beraberinde getirmiştir. Bu problemleri çözmek için ilginç bir yöntem, doğayı nihai model, standart ve danışman olarak kullanan biyomimikri olabilir (Shimamura, 2010). Biyomimikri bilimine göre doğa, hem problem çözmede hem de yeni bir şey üretmekte ya da var olanı geliştirme konusunda insanlık için, insanlığın ilerleyebilmesi için en iyi, en etkili kılavuzdur. Doğanın kılavuz edinilmesiyle sürdürülebilirlik, temiz enerji, düşük maliyet konularında ilerlenmesi ve doğada çöp kavramının azaltılması sağlanır. Arhon (2017), biyomimikri konusunda çalışma yapan şirketlerin, bu süreci nasıl yönettiklerine dair şöyle bir sıralama yapmaktadır; öncelikle çözülmesi planlanan problem belirlenmekte, bu problem daha sonra biyoloji diline çevrilmekte ve ardından doğada aynı probleme nasıl çözümler bulunduğu ortaya koymak amacıyla doğaya yönelinmektedir (Bar-Cohen, 2006).

Reed (2004), Biyomimikri bilimine ilişkin şöyle söylemektedir; ‘Teknoloji literatürünün son derece önemli bileşeni olan Biyomimikri, bilim ve teknolojinin disiplinler arası doğasının mükemmel bir örneğidir.’ Biyomimikri tasarımcılara biyoloji ve mühendislik sistemleri arasındaki bağlantıları yapmalarına izin vermektedir. Doğadan esinlenerek problemlere çözüm aranması ve teknolojik gelişmelerin sağlanması sonucunda Biyomimikri bilimi ortaya çıkmıştır (Kallioğlu, Karakaya ve Durmuş, 2013). Geleceğimiz için Biyomimikri biliminden faydalanmalı ve geleceğe ilişkin ortaya koyduğumuz stratejilere Biyomimikri ile yön vermemiz gerekmektedir. Biyomimikri insanlığa;

- Kaynak kullanımı ve süreç yönetimi konularında eşsiz bir ilham kaynağı sunmaktadır. Doğa 3.8 milyar yıldır, minimum kaynak ile maximum sonuçlara ulaşmaktadır (Altun, 2011; Bar-Cohen, 2006),

- İnsan-doğa ilişkisinin canlanmasını sağlayarak, çevre duyarlılığını artırmasını sağlamaktadır. Esasen insanlık doğa ile çok yakın bağlantılıdır, ancak son 150 yıldır sanayileşme ile birlikte kopan bir ilişki bağı bulunmaktadır (Yıldırım, 2019, Sıfır Atık, 2019),
- Doğaya dost teknolojiler, çevresel ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasını sağlamaktadır (Bar-Cohen, 2006; Bener ve Babaoğul, 2008; Collado-Ruano, 2016; Kenny ve arkadaşları, 2012; Mcgregor, 2013, Özbakır, 2016).

Gelişmiş ülkeler, gelecekteki yenilikçilik ve biyomimikri alanındaki gelişmelerin temelini oluşturmak için Biyomimikri alanında yapılan araştırmalara aktif olarak yatırım yapmaktadırlar. New York Eyaleti Enerji Araştırma ve Geliştirme Kurumu (NYSERDA), enerji alanındaki çeşitli problemleri çözmek için biyomimikri kullanmaktadır. Almanya'daki Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı'nın desteğiyle, biyomimetik ürünler ve teknolojiyi içeren 35 proje yürütülmektedir (Hwang, Jeong, Min Park, Hong Lee, Hong, and Choi, 2015).

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan ve tüketim birlikte kullanmaya alışkın olduğumuz kavramlardır. Hızla artan dünya nüfusu ile birlikte tüketimin artıyor olması da normaldir, ancak artan bu tüketimin doğa aleyhine olmaması, biyomimikri bilimini doğru anlamaktan geçmektedir. Biyomimikri ile doğaya zarar vermeyerek hatta doğayı destekleyerek üretim yapılabilir ve tüketim konusu ile ilgili günümüzde yaşanan pek çok problemler de ortadan kaldırılabilir. Doğadan gelen cevapların inovasyon süreçlerine entegre edilmesiyle ilerleyen süreçte, yine doğaya dost tasarımlar ve üretimler yapılabilir. Örneklendirmek gerekirse; termitlerden enerji tasarrufu, yapraklardan güneş panelleri, köpek balığı derisinden hijyenik yer ve duvar kaplamaları gibi üretimler teknolojik ürünler için aslında doğanın çok iyi bir model olduğunu göstermektedir (Yıldırım, 2019).

Sürdürülebilir ürün tasarımı fikri, “insan ihtiyaçlarını ekosisteme zarar vermeden karşılama” temeline dayanmaktadır. Ürün tasarımında çevresel duyarlılığın dikkate alınması, “sürdürülebilir tasarım” kavramını ortaya çıkarmıştır. Sürdürülebilir tasarım kavramının; çevre için tasarım, doğa uyumlu tasarım, yaşam döngüsü tasarımı, çevreye duyarlı tasarım gibi birçok kavramın yerine kullanıldığı görülmektedir. Bir ürünün çevreye etkileri; zararlı kimyasallar yayması, yenilenebilir olmayan enerji tüketmesi ve fazla enerji tüketmesi gibi nedenlerden ileri gelebilir (Yılmaz, 2016). Çevreye dost ürünlerin üretiminde Biyomimikri bilimi ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda Dünya’da ve Türkiye’de sürdürülebilirlik alanında yaşanan

gelişmelere paralel olarak, biyomimikri konusunda da bilimsel çalışmaların sayılarında artışlar meydana gelmektedir. Yapılan çalışmaların içeriği ve bilimsel niteliğinin araştırılması, sayıların artması ile önem kazanmıştır. Bu anlamda biyomimikri alanında yapılan çalışmaların incelenmesi, kullanılan metotların ve eğilimlerin ortaya çıkarılmasında ve ne tür çalışmalara gerek duyulduğunun tespit edilmesinde önemli bir araç olarak kullanılabilir.

Öte yandan Biyomimikri tasarım çalışmalarının okullarda eğitim sürecinde yer alması geleceğin mimarı olan çocukların yetiştirildiği bu ortamlara bilim soluşunu da getirecektir. Aynı zamanda geleceğin doğaya dost teknolojilerini üretecek olan çocuklarda, şu an okullarda eğitim almakta olan çocuklardır. Biyomimikri bilimi; bilim, mühendislik, tıp gibi pek çok bilim dalının geleceğini çizebilecek, potansiyele sahiptir. Doğaya duyarlı, bilim ve teknolojinin gelişmesi için üreten, geliştiren, geleceğe yön veren çocuklar yetiştirmek günümüz okullarının önemli görevlerinden biri olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda biyomimikri tasarım çalışmalarına sınıflarda gerek projeler yoluyla gerekse atölyeler yoluyla yer verilmesi öğrencilerin pek çok açıdan gelişimlerinde faydalı olacağı düşünülmektedir. Araştırmada doküman incelemesi yöntemiyle Biyomimikri bilimi ele alınmış, çeşitli kavramlarla ilişkilendirilerek, eğitim sürecinde yer verilmesi durumunda öğrencilerde oluşabilecek ilerlemeler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca Biyomimikri alanında okullarda uygulamaya yönelik çalışmalar yapılarak, araştırmaların ortaya çıkarılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Akgün, B. (2012). İş dünyasına gelecek stratejilerine biyomimikri ile yön veriyor. Erişim adresi: <http://www.trenddesk.com/wp-content/uploads/2013/07/Biomimicry-Shapes-Business-Strategies-Platin-Mar-2012.pdf>
- Aktan, C. C., & Vural, İ. (2016). Bilgi toplumu, yeni temel teknolojiler ve yeni ekonomi, *Yeni Türkiye*, 88 (1), 1-15.
- Altun, Ş. (2011). *Doğanın inovasyonu-inovasyon için doğadan ilham al*. Ankara: Elma Yayınevi.
- Altunel, M. (2018). STEM eğitimi ve Türkiye: Fırsatlar ve riskler. Erişim adresi: https://setav.org/assets/uploads/2018/07/STEM_Eg%CC%86itimi-1.pdf
- Arhon, Z. (2017). Biyomimikri: Sürdürülebilirlik için doğadan gelen inovasyon. Erişim adresi: <https://www.calik.com/Home/DownloadMagazine?id=8038>.
- Avcı, F. & Er, H. (2018, Kasım). *Dijital bağımlılığa ilişkin öğretmen görüşlerinin incelenmesi ve çözüm önerileri*. Uluslararası Multidisipliner Dijital Bağımlılık Kongresinde sunulan sözlü bildiri, Kuşadası, Aydın. 47-48.
- Avrupa Birliği. (2007). *Key competences for lifelong learning – European reference framework*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007, Belgium.
- Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics: reality, challenges, and outlook. (J. Bar-Cohen, Ed.), *Biomimetics: biologically inspired technologies*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Bektaş, M., Sellüm, F., & Polat, D. (2019). An Examination of 2018 Life Study Lesson Curriculum in Terms of 21st Century Learning and Innovation Skills. *Sakarya University Journal of Education*, 9 (1) , 129-147 . DOI: 10.19126/suje.537104.

- Bener, Ö., & Babaoğlu, M. (2008). Sürdürülebilir tüketim davranışı ve çevre bilinci oluşturmada bir araç olarak tüketici eğitimi. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar e-Dergi*. 1-10.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: William Morrow and Comp, Inc.
- Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. [Elektronik Sürüm]. New York: HarperCollins.
- Besler, H. (2015). *Dijital ve medya etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin ve ebeveynlerinin medya ve bilim okuryazarlıklarına etkisinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Buck, N. T. (2015). The art of imitating life: The potential contribution of biomimicry in shaping the future of our cities. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 20. <https://doi.org/10.1177/0265813515611417>.
- Bulut, E., & Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında Türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM - UHAD)*, 4 (7), 55-77.
- Cansoy, R. (2018). Uluslararası Çerçvelere Göre 21.Yüzyıl Becerileri ve Eğitim Sisteminde Kazandırılması. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7 (4) , 3112-3134. DOI: 10.15869/itobiad.494286.
- Çolak, M. (2019). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının 21.yüzyıl becerilerine yönelik algılarının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilgisi Eğitimi, Niğde). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Çolak, M. (2018). *Ortaokul fen bilimleri dersinin 21.yüzyıl becerilerini kazandırmadaki etkililiğine ilişkin öğretmen görüşleri (Kayseri ili örneği)*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Eğitim Programları ve Öğretim Bilim Dalı, Kayseri). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Collado Ruano, J. (2016). Una perspectiva transdisciplinar y biomimética de la educación para la ciudadanía mundial. *Investigation Arbitrada*. 113-129.
- Deyoung, D., & Hobbs, D. (2009). *Discovery of Design: Searching Out Creator's Secret*. Master Books, Arthansas, United States of America.
- Erden, O., & Şimşek, T. (2018). Biyomimetik Tasarım Yaklaşımı İle İnovatif Kavramsal Alternatif Aydınlatma Sistem Tasarımı: Light for Mersin. 1. Uluslararası Mersin Sempozyumu Bildiri Tam Metinleri Kitabı.154-160.
- Erdoğan, Ö. (2019). Robotik lego uygulamaların fen bilgisi öğretmen adaylarının 21.yüzyıl becerileri üzerindeki etkilerinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı / Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı, Amasya). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri ve Ergonomi: Tasarımda Doğadan Yenilikçi İlham. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 469-474.
- Gelen, İ. (2017). P21-Program ve Öğretimde 21. Yüzyıl Beceri Çerçveleri (ABD Uygulamaları). *Disiplinlerarası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 1 (2) , 15-29.
- Hanson, D. (2006). Robotic biomimesis of intelligent mobility, manipulation, and expression. (J. Bar-Cohen, Ed). *Biomimetics: biologically inspired technologies*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Hwang, J., Jeong, Y., Min Park, J., Hong Lee, K., Hong, J.W., & Choi, J. (2015). Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine, *Int J Nanomedicine*, 10, 5701-5713. DOI: [10.2147/IJN.S83642](https://doi.org/10.2147/IJN.S83642).
- Jack-Todd, N. & Todd, J. (1993). *From eco-cities to living machines: Principles of ecological design*. North Atlantic Books: Berkeley.
- Kallioğlu, M. A., Karakaya H., & Durmuş, A. (2013, Eylül). *Enerjiye farklı bir bakış açısı olarak biyomimikri kavramı*. ULIBTK'13 19. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi'nde Sözlü Bildiri, Samsun.
- Karabetça, A. R. (2015, Mayıs). *Doğadan esinlenmiş tasarımlar: tasarım stratejisi olarak biyomimikri*. Conference: MSGSU 4. Ulusal İç Mimarlık Sempozyumu 2015-Mekan Tasarımında Disiplinlerarası Yaklaşımlar Sözlü Bildiri Sunumu, İstanbul.

- Karabetça, A. R. (2016). *Biyomimikri destekli mekan tasarımı ölçütler ve bu ölçütlerin örnekler üzerinde incelenmesi*. (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Fakültesi, İstanbul). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Kenny, J., Desha, C., Kumar, A., & Hargroves, C. (2012) *Using biomimicry to inform urban infrastructure design that addresses 21st century needs*. In 1st International Conference on Urban Sustainability and Resilience: Conference Proceedings, UCL London, London, UK.
- Kresling B. (2000). Coupled mechanisms in biological deployable structures. Pellegrino S. and S. D. Guest (Eds), *Proceedings of the IUTAM-IASS Symposium on Deployable Structures: Theory and Application*, Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, 229–238.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Application-pull and technology-push as driving forces for the fourth industrial revolution, *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242. DOI: 10.1007/s11576-014-0424-4.
- Mahgoub, Y. M., & Alawad, A. A. (2014). The impact of teaching biomimicry to enhance thinking skills for students of art education in higher education. *Pensee Journal*, 76(4), 2-11.
- Marshall, A. (2009). *Wild Design: Ecofriendly Innovations Inspired By Nature*. North Atlantic Books, California.
- McGregor, S. L. T. (2013). Transdisciplinarity and Biomimicry. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 4, 57-65, doi: 10.22545/2013/00042.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. Erişim Adresi: <http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx>.
- Milli Eğitim Bakanlığı. Güçlü yarınlar için 2023 eğitim vizyonu. Erişim adresi: http://www.ogretmenx.com/2023_VIZYON.pdf.
- Mims, C. (2012). Da Vinci would approve. *Corporate Knights*. 36.
- Moore, T. J., S., Guzey, S., Roehrig, G., & Lesh, R. A. (2018). Representational Fluency: A Means for Students to Develop STEM Literacy. In book: *Towards a Framework for Representational Competence in Science Education* DOI: 10.1007/978-3-319-89945-9_2.
- Murat, A. (2018). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının 21. yüzyıl becerileri yeterli alguları ile STEM'e yönelik tutumlarının incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi / Eğitim Bilimleri Enstitüsü / Eğitim Programları ve Öğretimi Anabilim Dalı, Elazığ). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Özbakır, S. N. (2016). Birleşmiş milletler binyıl kalkınma hedefleri ve 2030 sürdürülebilir kalkınma hedefleri. Erişim adresi: http://izto.org.tr/demo_betanix/uploads/cms/yonetim.ieu.edu.tr/6360_1470056885.pdf.
- P21. (2016). Reimagining Citizenship for the 21st Century – A Call to Action for Policymakers and Educators. Erişim adresi: http://www.p21.org/storage/documents/Reimagining_Citizenship_for_21st_Century_webversion.pdf.
- Reed, P. A. (2004). A paradigm shift: Biomimicry. *The Technology Teacher*, 63(4), 23-27.
- Scientix Projesinin amaçları. (2019). Erişim adresi: <http://scientix.meb.gov.tr/>
- Selçuk, Aslan, S., ve Gönenç, Sorguç, A. (2007). Mimarlık tasarımı paradigmasında biomimesis'in etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2 (22), 451-459.
- Shimomura M. (2010). New Trends in Next Generation Biomimetics Material Technology: Learning from Biodiversity. *Sci Technol Trends Q Rev*, 37, 53-75.
- Sıfır Atık. (2019). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim Adresi: <http://sifiratik.gov.tr/>
- Sorlu, Ö. (2010). İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn botanik bahçesi'nin egzotik bitki envanteri ve endüstriyel biyotasarıma katkıları. (yüksek lisans tezi İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.
- Stacey, J. (2015). Biomimicry Materials that imitate life. *Secondary Science Review*, 26 (2).
- Stem Öğretmeni El Kitabı. Erişim adresi: http://scientix.meb.gov.tr/images/upload/Event_35/Gallery/STEM%20E%C4%9Ffitemi%20%C3%96%C4%9Fretmen%20El%20Kitab%C4%B1.pdf.
- Sumrall, W. J., Sumrall K. M., & Robinson, H. A. (2018). Using biomimicry to meet NGSS in the lower grades, *Science Activities*, 55, 115-126. <https://doi.org/10.1080/00368121.2018.1563041>.

- Sharing biomimicry with young people an orientation for k-12 teachers. (2017). Biomimicry Institute Erişim adresi: https://cdn.naace.org/sites/default/files/cepro/resource/files/sharing_biomimicry_k12_20170201_tpt_exce rpt.pdf.
- Talim Terbiye Kurulu. (2018). Güncellenen öğretim programları. <https://tkb.meb.gov.tr/www/ogretim-programlarında-yapılan-guncellemeler-yayinlandi/icerik/308> adresinden erişilmiştir.
- Taş, U., & Yenilmez, F. (2008). Türkiye’de eğitimin kalkınma üzerindeki rolü ve eğitim yatırımlarının geri dönüş oranı. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 155-186.
- Temel, F.Z. (2017). Doğadan Esinlenmiş Robotik Sistem Tasarımları ve Üretim Metodolojileri. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 75, 36-41.
- The Economic. (2005). Technology that imitates nature. https://www.economist.com/technology-quarterly/2005/06/11/technology-that-imitates-nature?story_id=4031083.
- Turner, J. S., & Soar, R. C. (2008, May). *Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building*. First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction (I3CON) Loughborough University.
- Tzonis, A., Lefavre, L., & B. Stagno (2001). *Tropical Architecture: Critical Regionalism in the Age of Globalization*. New York: J Wiley and Sons.
- Vural, M. (2004). *Doğadaki formların mobilya tasarımına etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yakışan, M. ve Velioğlu, D. (2019). İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin biyomimikri algılarına yönelik yaptıkları çizimlerin analizi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(2), 727- 753.
- Yalçın, S. (2018). 21. Yüzyıl Becerileri ve Bu Becerilerin Ölçülmesinde Kullanılan Araçlar ve Yaklaşımlar. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 51 (1) , 183-201. DOI: 10.30964/auebfd.405860.
- Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK). (2016). STEM eğitimi raporu. Erişim Adresi: http://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Egitimi_Raporu.pdf
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınevi.
- Yıldız, H. (2012). *Endüstri ürünleri tasarımı kapsamında biyometrik tasarımın yeri ve metodolojisi*. (Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yılmaz, N. (2016). Sürdürülebilir ürün tasarımı. *Kalkınmada Anahtar Verimlilik*. 335. Erişim Adresi: <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/surdurulebilir-urun-tasarimi/7323>
- Yeniay Üsküplü, Z. D. (2019). *Eğitim sosyolojisi açısından 21. yüzyıl becerileri Türkiye’de çocuk üniversiteleri modeli*. (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyoloji Anabilim Dalı, İstanbul). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2014). *STEM eğitimi üzerine derleme çalışması: Fen bilimleri alanında örnek ders uygulamaları*. In M. Riedler et al. (Ed.) *Proceedings of VI. International Congress of Education Research*, (vol. 4, 239-248), Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39 (1), 63-90.
- Zari, M. P. (2007). Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability. *Yeni Zelanda*, 33-41.
- What is Biomimicry?. (2018). Erişim adresi: http://environmentecology.com/biomimicry-bioneers/367-what-is-biomimicry.html#cite_ref-5.
- Williams, D., Barber, A., & Sheppard, P. (2019). Making Inspired by Nature: Engaging Preservice Elementary Teachers and Children in Maker-centered Learning and Biomimicry. In K. Graziano (Ed.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1660-1665). Las Vegas, NV, United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved August 9, 2019 from <https://www.learntechlib.org/primary/p/207866/>.