

Biyomimikri Farkındalık Ölçeğinin Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması

Cansel Hocaoglu¹ 
Eylem Bayır² 
Sertaç Arabacıoğlu^{3*} 

¹Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye
cansel.hodzha@gmail.com

²Trakya Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye
eylembayir@trakya.edu.tr

³Trakya Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye
sertacarabacioglu@trakya.edu.tr

*Sorumlu Yazar

Geliş tarihi:26.02.2025
Kabul tarihi:17.04.2025
Yayın tarihi:30.05.2025

Özet: Doğa temelli çözümler ve biyomimikri düşüncesine dayanan tasarımlar, doğal ekosistemlerin korunması, iyileştirilmesi ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Biyomimikri düşüncesi, okul eğitiminde ve öğretim süreçlerinde giderek daha fazla yaygınlaşmaktadır. Ancak, tasarım problemleri için doğa temelli çözümler geliştirmede öğrencilerin veya acemi tasarımcıların sahip olduğu biyomimikri düşüncesini ne kadar kullanabilecekleri konusunda hala net bir görüş birliği yoktur. Bu nedenle bu araştırmanın temel amacı, ortaokul düzeyindeki öğrencilerin tasarım sürecinde doğa temelli çözümler ve biyomimikri farkındalığı ile tasarım problemlerine nasıl yaklaştıklarını ölçebilecek bir araç geliştirmektir. Açıklayıcı Faktör Analizleri için 300, Doğrulamalı Faktör Analizleri için 400 öğrenci olmak üzere toplamda 700 altıncı ve yedinci sınıf ortaokul öğrencisi ile yürütülen araştırmada, 19 maddenin yük verdiği “Doğadan İlham Alma” ve “Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması” olmak üzere iki boyutlu Biyomimikri Farkındalık Ölçeği geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında ölçme aracının güvenirlik, geçerlik, iç tutarlılık gibi temel özellikleri değerlendirilmiştir. Geliştirilen ölçme aracının, çocukların veya acemi tasarımcıların doğa temelli çözümler üretme ve biyomimikri düşüncesine yönelik farkındalık düzeylerini daha net bir şekilde ortaya koyarak, alan yazınına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelime: Biyomimikri düşüncesi, farkındalık, ortaokul öğrencileri, ölçme aracı

GİRİŞ

Artan çevresel ve sosyal sorunlar karşısında çözüm arayışı giderek doğa ile uyumlu veya doğadan ilham alan çözümlere yönelmektedir. İklim değişikliği, enerji arzı ve artan kaynak kıtlığı gibi baskılara çözüm olarak doğa temelli ve yerelden ilham alan uygulamalar önem kazanmıştır. Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü [OECD] doğa temelli çözümleri sosyal, çevresel ve ekonomik risklere uyum sağlamak amacıyla ekosistem hizmetlerini sürdürebilen, iyileştirebilen veya eski haline getirebilen eylemler olarak tanımlamaktadır (OECD, 2020). Benzer şekilde, Birleşmiş Milletler Çevre Programı [UNEP] ekosistemi korumaya yönelik çabalarda biyolojik süreçlere dayalı, doğa temelli çözümlerin önemini vurgulamaktadır (UNEP, 2021). Dahası doğa temelli çözümler biyolojik çeşitliliğe sahip gelişmekte olan ülkeler için bir kalkınma stratejisi olarak kabul edilmekte ve ulusal sürdürülebilirlik politikalarının bir uygulama alanı olarak önerilmektedir (Lebdoui, 2022). Doğal ekosistemlerde uzun yıllar süren adaptasyon stratejileri, bugün insanlığa yardımcı olabilecek sayısız yenilikte değerli bir kaynak olarak görülmektedir. Bu veri tabanı, eğitimden bilimsel inovasyona birçok alanda çeşitli, zorlu, rekabet koşullarına dayanıklı ve sürdürülebilir çözümlere ilham kaynağı olmaktadır (Canbazoğlu Bilici vd., 2021; Stevens ve diğerleri, 2021; Ginsberg ve ark., 2013).

Eğitim perspektifinden bakıldığında Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü [UNESCO], öğrencileri insan ve doğa düalizmi hakkında sorgulamaya teşvik etmenin ve insanın doğal dünyanın ayrılmaz bir parçası olduğunu kabul etmenin eğitim aracılığı ile sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için bir araç olabileceğini belirtmektedir (UNESCO, 2017). Ancak bu araçları kullanmak, özellikle öğrenciler ve acemi tasarımcılar için sanıldığı kadar kolay değildir. Doğadan ilham alma ve doğayı taklit etmek için belirli bir bilişsel ve davranışsal kapasiteye sahip olmak ancak iyi eğitilmiş bir zihnin davranışı ile olabilmektedir. Tasarım problemlerinin üstesinden gelmek için gereken pratik deneyime ve uzmanlık seviyesine ulaşmak, çoğu kez acemi tasarımcılar için zorlayıcı birer görev olarak görülmektedir (Crismond ve Adams, 2012). Bu nedenle temelde bir hazır bulunuşluk durumunun tasarımcılarda olması hedeflenir. Böylece bir tasarım problemini tanımlama, probleme çerçeve oluşturma, problem hakkında literatür taraması, beyin fırtınası, analogik düşünme, kullanıcı değerlendirmeleri ve görüşleri alma, tersine mühendislik, simülasyon veya bilgisayarlı analizler gibi deneyim ve bilgi gerektiren görevler (Dym ve diğerleri, 2002) başarı ile

yürütülebilecektir. Doğadan ilham alma veya doğayı taklit etme çeşitli öğretim yaklaşımları ve program öğrenme çıktıları doğrultusunda kazandırılabilir (Sumrall ve diğerleri, 2018). Bunlar arasında STEM etkinlikleri (Gencer ve diğerleri, 2020), mühendislik tasarımları (Canbazoglu-Bilici ve diğerleri, 2022), tasarım ve sistem düşünceleri (Qureshi, 2022), organizmalardan esinlenen tasarım fikirleri (Coban ve Costu, 2021), biyoloji temelli analogiler (Stewens ve diğerleri, 2021) ve sürdürülebilirlik eğitimi (Mejio-Villa ve diğerleri, 2023) gibi öğrenme ve öğretme süreçleri yer alabilmektedir. Dolayısıyla gerçekleştirilen etkinlikler çevresel kaygılar, sürdürülebilirlik, yeşil dönüşüm gibi çeşitli bağlamlarda erken yaşlardan itibaren öğrencileri doğa temelli çözümler gerektiren karmaşık görevlere teşvik etmektedir (Coban ve Costu, 2021).

Bu kapsamda mevcut araştırmanın altında yatan motivasyon, bu tür tasarım problemleri için doğa temelli çözümler üretme konusunda çocukların veya acemi tasarımcıların ne düzeyde hazır bulundukları konusunda net bir anlayışa ulaşmaktır. Bu kapsamda araştırmanın önceliği bir tasarım problemine doğa temelli çözümler ve biyomimikri farkındalığı üzerinden nasıl yaklaştıklarını ölçebilecek bir araç geliştirmektir. Böylece, ortaokul düzeyindeki öğrencilerin tasarım sürecinde doğa temelli çözümler ve biyomimikri farkındalığı ile tasarım problemlerine yaklaşımlarını değerlendirmek amaçlanmıştır.

Doğayı Taklit Etmek İçin Biyomimikri Düşüncesi

Biyomimikri terimi, doğal süreçlerin ve işleyişlerinin analitik düşünme ile tasarım sürecinde nasıl bir araya getirilebileceğini anlamak için önemli bir kavram olarak ortaya atılmıştır. Biyomimikri terimi Yunanca "bio" (yaşam) ve "taklit" (taklit) kelimelerinden türetilmiştir. Genellikle doğanın yapılarının ve süreçlerinin taklit edilmesini ifade etmektedir (Alawad ve Mahgoup, 2014; Volstad ve Boks, 2012). Ancak kavramın günümüzdeki kullanımı basitçe doğadaki formları kopyalamanın ötesinde, bir mühendisin veya tasarımcının düşünme yaklaşımına evrilmiştir. Bu düşünce doğanın işleyiş felsefesinin daha derin bir anlayışını ve doğanın belirli zorluklara nasıl çözümler sunduğunu tasarım yoluyla taklit etmeyi içerir (Madkour ve diğerleri, 2023). Kavramın öncüsü olarak kabul edilen Janine Benyus "Biyomimikri: Doğadan İlham Alan İnovasyon" adlı kitabında biyomimikriyi, doğadan ilham alan yenilik olarak tanımlayarak günümüzdeki anlayışın oluşmasına önemli katkılar sunmuştur (Benyus, 1997). Günümüzde doğadan ilham alma (Benyus, 1997; Kennedy, 2004; Shimomura, 2010), doğayı taklit etme (Benyus, 1997; Volstad ve Boks, 2012; Fisch, 2017) organizmaların yapısına ve işlevine dayalı tasarım (Benyus, 1997; Zari, 2007; Baumeister, 2014) tanımlamaları ile biyomimikri tasarımcılar tarafından geniş kabul gören bir tasarım yaklaşımına dönüşmüştür.

Bu kavram neden yalnızca profesyonel tasarımcıların tasarım ilkelerini açıkladıkları ders kitaplarında yer almakla kalmadı, aynı zamanda okul öncesi dönemdeki çocukların bile edinmesi gereken bir anlayışa dönüştü? Bu dönüşümün iki temel nedeni olduğu söylenebilir. Birincisi, OECD'nin de vurguladığı gibi, artan sosyal, çevresel ve ekonomik risklere karşı uyum sağlayabilecek bireylerin erken yaşlardan itibaren yetiştirilmesidir. İkincisi ise STEM etkinlikleri, mühendislik tasarımı ve tasarım düşüncesi gibi pedagojik yaklaşımların ilkökul seviyesine kadar yayılmasıdır (Örn. Coban & Coştu, 2023; Canbazoglu-Bilici ve diğerleri, 2021). Konu biyomimikri olduğunda öğrencilerin ve acemi tasarımcıların doğadaki süreçleri, işleyiş ve organizmaları anlayarak bunları tasarım süreçlerine entegre edebilme konusunda bir yetkinliği erken yaşlardan itibaren kazanmaları söz konusudur. Bir diğer değişle öğrenciler biyomimikriyi temel alan problem çözme süreçlerine katılabilme konusunda bilgi, beceri ve tutum geliştirmektedirler. Hazır bulunuşluk olarak tanımlayabileceğimiz bu tür yetkinlikler biyoloji, ekoloji ve doğadaki yapıların temel işleyişine dair bilgi sahibi olma, doğal ekosistemlerin, işlevlerinin ve süreçlerinin nasıl çalıştığını anlama, doğada gözlem yeteneği geliştirme, doğaya karşı merak ve ilgi duyma, sürdürülebilir çözümler üretme motivasyonuna sahip olma gibi çok yönlü bir anlayışı içerebilmektedir.

Biyomimikri yalnızca bir tasarım ilkesi veya yaklaşımı değildir; aksine, biyomimikri düşüncesinin uygulama süreçleri için basit ve kullanışlı tasarım/öğrenme döngüleri tanımlanmıştır (Biyomimikri 3.8., 2015). Çocuklara ve acemi tasarımcılara sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler üretme konusunda rehberlik edebilecek bu tasarım çerçevesi tasarımın amacını ve işlevlerini tanımlama, doğadaki benzer çözümleri araştırma ve soyutlama, doğadan ilham alan fikirleri geliştirip, tasarım süreçlerine uygulama ve tasarımın biyolojik prensiplere uygunluğunu ölçme olmak üzere dört ana bileşenden oluşmaktadır. Biyomimikri tasarım sarmalı ile biyomimikri düşüncesinin doğrusal olmayan ve yinelemeli (iteratif) bir süreç olarak ele alındığı ve sarmal bir yapıda ilerlediği vurgulanmıştır (Biomimicry Toolbox, 2017). Tasarım sarmalı biyomimikrinin özünü canlılardan öğrenme ve elde edilen içgörülerini çözümler istenen sorunlara aktarma olarak tanımlar. Burada kritik bir konu, doğanın stratejilerini ezbere kopyalamaktan öte, taklit sürecinin keşif odaklı olmasıdır; doğadaki örneklerden ilham alarak bir "reçete" veya "plan" oluşturulmakta ve bu tasarımlara uyarlanmaktadır. Biyomimikri tasarımının özü hakkında iyi eğitilmiş bir zihin, taklit sürecini açık ve etkili bir şekilde anlayabilmekte, bunu uygulamaya dökme yeterliliklerine sahip olabilmektedir. Bir diğer değişle, profesyonel

tasarımcılar biyomimikri düşüncesini kullanarak etkili bir tasarım geliştirme konusunda hazır bulunuşluğa sahipken, acemi tasarımcılar henüz doğanın bu ilham verici yönünü çoğu kez örnekler üzerinden keşfetmeye çalışmaktadır.

Araştırmacılar, biyomimikri düşüncesi ile organizmaların biyolojik stratejileri ve işlevleri arasındaki ilişkiyi çocukların anlamaları ve tasarım süreçlerinde kullanmaları üzerine çok sayıda çalışmayı raporlamışlardır. Coban ve Coştu (2023), ilkokul öğrencilerinin biyomimikri düşüncesiyle organizmalardan ilham alarak kendi fikirlerini oluşturma süreçlerini inceledikleri araştırmalarında, öğrencilere organizmaların gözlemlenmesi ve yapı ile işlev arasındaki ilişkiyi anlamaları için farklı organizma türlerini içeren bir ön hazırlık eğitimi vermişlerdir. Ardından, biyomimikri kavramı birkaç örnek üzerinden tanıtılarak, öğrencilerin bir biyomimikri tasarımı ile etkileşimde bulunmaları sağlanmıştır. Bu şekilde, araştırmacılar aşamalı bir ön hazırlık ile öğrencilerin hazır bulunuşluklarını desteklemiş ve biyomimikri düşüncesini tasarım sürecine dahil etmişlerdir. Stevens ve diğerleri (2021), biyomimikri tasarım düşüncesi eğitiminde öğrencilerin daha sürdürülebilir çözümler üretebilmeleri için tasarım seviyelerini nasıl geliştirebileceklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, öğrencilerin tasarımlarında işlev, form ve süreç benzerliklerini kolaylıkla kurabildiklerini, ancak bu unsurları sistematik olarak dikkate almadıkları takdirde tasarımlarının eksik kalacağını ve sürdürülebilir olmayacağını belirtmişlerdir. Bunun için, öğrencilerin doğadan edindikleri içgörülerini sistematik bir şekilde ele almaları ve düzenli olarak düşünmeleri gerektiğini vurgulamışlardır. Qureshi (2022) tarafından yapılan araştırma, öğrencilerin biyomimikri sürecine nasıl dahil olduklarını ve hangi tür tasarımlar ürettiklerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, biyomimikri öğretimi için önemli hazır bulunuşluk seviyeleri belirlenmiştir. Öğrenciler, biyomimikri sürecini genellikle iyi bir şekilde anlamışlar ve doğal bir örneğin yanı sıra, bir organizmanın davranışını da içerecek şekilde kavrayabilmişlerdir. Ayrıca, sorgulama temelli öğrenme yönteminin biyomimikri için etkili bir katılımcı öğretim aracı olduğu, öğrencilerin kendi keşiflerini yapmalarının önemli olduğu, çevresel okuryazarlık ile tasarım düşüncesi ve çözüm odaklı yaklaşımın birbirini desteklediği öne sürülmüştür. Zhu ve diğerleri (2024) tarafından gerçekleştirilen araştırma sonuçları ise şaşırtıcı bir şekilde, çocukların benzetim yoluyla tasarım yaparak geliştirdikleri fikirlerin mekansal düşünmeyi içerdiğini ortaya koymuştur. Bu sayede çocukların, doğadaki organizmaların mekansal özelliklerini yakından inceleyerek, bu mekansal formların belirli işlevlerini soyutlayabildiklerini ve bu form-işlev ilişkilerini dönüştürüp çeşitli tasarım fikirlerine uygulayabileceklerini göstermişlerdir. Araştırmacılar küçük yaşlarda çocukların, uygun destek sağlandığında, biyomimikri tasarımları geliştirebileceğini öne sürmektedirler. Diğer taraftan, Mejía-Villa ve diğerleri (2023) araştırmalarında, öğrencilerin doğa bilimleri, kaynakların mevcudiyeti veya teknoloji bilgisi olmadan bile biyomimikri kullanarak sürdürülebilir tasarımlar ortaya koyabileceklerini ifade etmektedirler. Araştırmacılar sürdürülebilirlik, biyomimikri, yaratıcılık ve yenilikçilik konularında önceden eğitim almış öğrencilerin, etkili tasarımlar ortaya koyma konusunda yüksek hazır bulunuşluğa sahip olduklarını raporlamışlardır. Özetlenen araştırmalardan da anlaşılacağı üzere, biyomimikri düşüncesini tasarım problemlerine aktarma süreci, beraberinde bir takım ön öğrenmeleri ve hazır bulunuşluğu gerektirdiği, sistemli bir düşünme biçimini içermektedir. Bu öğelerin bir kısmı, doğal ekosistemin işleyişi, organizmaların yapısı ve işlevleri, doğadan ilham alan biyolojik benzetimlerdir. Diğer bir kısmı ise, biyomimikri düşüncesini içselleştiren, biyomimikri tasarım ilkelerini, tasarım döngülerini ve biyomimikri tasarımının özünü yansıtan yaratıcı problem çözme adımlarını içerebilmektedir.

YÖNTEM

Mevcut araştırma, öğrencilerin biyomimikri farkındalığını tespit etmek ve biyomimikri düşüncesini kullanarak etkili tasarımlar üretebilmeleri için gereken hazır bulunuşluklarını değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada Biyomimikri Farkındalık Ölçeği'nin geçerlik ve güvenirlik sonuçlarının raporlanması ve elde edilen sonuçların tartışılması hedeflenmektedir. Ölçek geliştirilme sürecinde madde/soru havuzu oluşturma, oluşturulan madde havuzu için uzman görüşü alma, madde geliştirme, ölçek geliştirme ve değerlendirme aşamaları takip edilmiştir (DeVellis, 2003).

Ölçek Maddelerinin Geliştirilmesi

Ölçek maddelerinin geliştirilmesinde ölçülmeye çalışılan alanı belirlemek üzere, yazarlar ilk olarak biyomimikri kavramına yönelik araştırmaları incelemiş ve alan yazını okumuşlardır. Alan yazın iki ana başlıkta incelenmiştir. İlk olarak tasarım eğitimine odaklanan ve biyomimikri düşüncesini tasarım eğitiminin bir bileşeni olarak alan yazın değerlendirilmiştir (Örn. Apedoe ve diğerleri, 2008; Baumeister ve diğerleri, 2014; Crismond ve Adams, 2012; Dym ve diğerleri, 2002; English ve diğerleri, 2017; Guzey ve diğerleri, 2017). İkinci olarak eğitim süreçlerinde biyomimikri düşüncesine yer veren araştırmalar ve öğrenci hazır

bulunuşluğuna yönelik çalışmalar incelenmiştir (Örn. Canbazoğlu-Bilici ve diğerleri, 2021; Coban ve Coştu 2023; Qureshi 2022; Stevens ve diğerleri 2021; Zhu ve diğerleri 2024). Ölçme aracı geliştirilmeden önce, yaklaşık bir aylık süreçte araştırmacılar, potansiyel maddeler üzerinde düzenli görüşmeler yapmış ve eğitim-öğretim ortamları bağlamında biyomimikri konusunu kavramsallaştırmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda, biyomimikriye yönelik öğrenci bilişsel düzeyi, tutumu ve farkındalığına odaklanılmış, biyomimikri farkındalığı konusunda fikir birliği sağlanmıştır. Ardından, belirlenen görüşler ölçek maddelerine dahil edilecek bir dizi madde ve soru havuzu oluşturmuş ve bu havuzdan uygun sorular seçilerek ölçek formatı belirlenmiştir. Ölçüm aracı olarak 5 seçenekli Likert tipi bir ölçeğin kullanılmasına karar verilmiştir. Likert ölçeği, birden fazla Likert tipi sorunun birleştirilerek kullanılması ve analiz aşamasında bu soruların birleştirilmiş değerlerinin kullanılması olarak tanımlanmıştır (Clason ve Dormody, 1994). Format belirlenmesinin ardından, bu çalışmada ölçülmek istenen konuya yönelik 64 maddeyi içeren bir madde havuzu oluşturulmuştur. Ardından araştırmacılar, maddelerin değerlendirilmesi, tartışılması ve gözden geçirilmesi için haftada bir gün düzenli olarak bir araya gelmişlerdir. Maddelerin uygun uzunlukta, anlamı açık, dilinin sade ve anlaşılır olması için gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Maddeler yeniden düzenlenirken, maddelerin yönlendirici ve taraflı olmamasına, farklı anlamlara yol açmamasına dikkat edilmiştir. İki ay süren bu süreçte, kılavuzda belirtilen akışa sahip ve iki alt boyut olarak hazırlanan taslak form üzerinde fikir birliğine varılmıştır. Bu boyutlar, (i) doğal ekosistemin işleyişi, organizmaların yapısı ve işlevleri, doğadan ilham alan biyolojik benzetimler ve (ii) biyomimikri düşüncesini içselleştiren, biyomimikri tasarım ilkelerini, tasarım döngülerini ve biyomimikri tasarımının özünü yansıtan farkındalığı içeren maddeleri kapsamaktadır. Maddeler, içerik geçerliliği açısından fen eğitimi alanında bilgi ve deneyime sahip uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Ölçek geliştirme sürecinin bir adımı olarak, uzmanlardan maddeleri içerik uygunluğu, temsil edilebilirlik derecesi, açıklık ve anlaşılabilirlik açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Alınan uzman görüşleri doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılarak, ölçeğin 19 sorudan oluşan bir ön sürümü oluşturulmuştur. Bu sürümde sorulara verilebilecek yanıtlar, 1 = kesinlikle katılmıyorum ile 5 = kesinlikle katılıyorum arasında değişen 5'li Likert tipindedir. Bu aşamayı takiben ölçeğin psikometrik özelliklerinin incelenmesi ve nihai formunun oluşturulması hedeflenmiştir.

Ölçek Uygulamaları ve Örneklem

Ölçme aracı 2023-2024 eğitim öğretim yılı, Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı bir okulda öğrenim görmekte olan ve araştırmacının çalıştığı kurumda dersine girdiği 6. ve 7. sınıf ortaokul öğrencilerine uygulanmıştır. Araştırmacının çalıştığı kurumda dersine girdiği öğrenciler örneklemi oluşturmuştur. Açıklayıcı faktör analizleri [AFA] için 300 katılımcı, doğrulayıcı faktör analizleri [DFA] için 400 katılımcı olmak üzere 700 kişi ile uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Her iki uygulamada örneklem büyüklüğü hesaplaması için G*Power ile etki büyüklüğü (0.8 olarak kabul edilen büyük etki), alpha seviyesi (0.05) ve güç (%80) sabit tutularak örneklem büyüklüğü hesaplanmıştır (Faul ve diğerleri, 2009). Toplam 700 katılımcıya ait demografik bilgiler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1

Örneklem Özellikleri (Cinsiyet, Yaş, Sınıf Düzeyi, Biyomimikri Deneyimi)

Demografi	Frekans	%
<i>Cinsiyet</i>		
Kadın	359	%51.28
Erkek	341	%48.71
<i>Yaş</i>		
10-11	247	%35.28
12-13-14	453	%64.71
<i>Sınıf Düzeyi</i>		
İlköğretim 6. Sınıf	301	%43
İlköğretim 7. Sınıf	399	%57
<i>Biyomimikri Deneyimi</i>		
Herhangi bir fikrim yok	637	%91
Kısmen bilgi sahibiyim	51	%7.28
Bilgi sahibiyim	12	%1.71

Katılımcılar; %51.28 kadın, %48.71 erkek, %43 6. sınıf öğrencisi ve %57 7. sınıf öğrencisinden oluşmaktadır. Katılımcı grubun demografik özellikleri dışında, Tablo 1’de ölçme aracının uygulanması öncesinde katılımcıların biyomimikri ön bilgileri hakkında görüşlerine yer verilmiştir. Katılımcıların %91’i biyomimikriye dair herhangi bir fikri olmadığını, %7.28’i biyomimikriye dair kısmen bilgi sahibi olduğunu, %1.71’i biyomimikriye dair bilgi sahibi olduğunu ifade etmişlerdir.

Veri Toplama Süreci

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen veri toplama süreçleri, “Trakya Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu” etik kurulunun E-29563864-050.03.04-55343 sayılı belgesi ile onaylanmıştır.

Verilerin Analizi

Ölçme aracının geliştirilmesi sürecinde, ilk olarak 300 katılımcıdan toplanan verilerle Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) gerçekleştirilmiştir. AFA, ölçeğin olası gizil yapısını ve maddelerin hangi faktörlere yüklendiğini belirlemek amacıyla kullanılmıştır (Brown, 2006; Schumacker ve Lomax, 2010). AFA ile ortaya konan yapı üzerinden, ölçeğin güvenilirliğini değerlendirmek için Cronbach Alfa İç Tutarlılık Katsayısı ve Tabakalı Alfa Katsayıları hesaplanmıştır. Ayrıca, maddelerin psikometrik özelliklerini detaylandırmak amacıyla Madde-Toplam Korelasyonu, Boyutlar Arası Korelasyon ve %27’lik alt-üst grupların puanlarına dayalı Bağımsız Gruplar t-testi sonuçları incelenmiştir.

Bu aşamayı takiben, AFA ile elde edilen yapının geçerliliğini farklı bir örnekleme doğrulamak amacıyla, 400 katılımcıdan oluşan ikinci bir veri seti ile Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) yapılmıştır (Schumacker ve Lomax, 2010). Yürütülen bu analizler neticesinde, ölçeğin 19 madde ve 2 alt boyuttan oluşan nihai yapısı doğrulanmıştır.

BULGULAR

Biyomimikri Farkındalık Ölçeği’nin 300 katılımcı ile gerçekleştirilen ilk uygulamasından elde edilen verilerin faktör analizi için uygunluğunu değerlendirmek amacıyla Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Katsayısı ve Bartlett Küresellik Testi kullanılmıştır. Hesaplanan KMO değeri .913 olarak bulunmuş olup, bu değer örneklemin faktör analizi için mükemmel düzeyde yeterli olduğunu göstermektedir (Field, 2005). Bartlett Küresellik Testi sonucu da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\chi^2 = 2175$; sd = 171; $p < .001$). Bu, değişkenler arasında faktör analizi için yeterli düzeyde korelasyon olduğunu ve korelasyon matrisinin birim matris olmadığını gösterir. Bu sonuçlar, veri setinin faktör analizi uygulamak için gerekli ön koşulları karşıladığını ve faktörlenebilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Faktör Yapısının Belirlenmesi

Biyomimikri Farkındalık Ölçeğinin faktör yapısını belirlemek amacıyla 300 ortaokul öğrencisinden elde edilen verilere Açıklayıcı Faktör Analizi uygulanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2

Ölçek Faktörlerinin Varyans Yüzdeleri

Faktörler	Toplam	Varyans %	Kümülatif %
Faktör 1	4.20	22.1	22.1
Faktör 2	3.81	20.1	42.2

Elde edilen değerler ölçme aracının büyük ölçüde iki ana faktör tarafından şekillendirildiğini ve bu faktörlerin ölçme aracının genel yapısını önemli ölçüde açıkladığını göstermektedir. Bursal (2019)’a göre, tek faktörlü yapılarda toplam varyansın %30’unun açıklanması yeterli olup, iki faktörlü yapılar için hesaplanan varyans açıklama oranının da kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir. Ölçme aracının toplam varyansın %42,2’sini açıkladığı ve iki faktörden oluştuğu belirlenmiştir. Bunlardan birinci faktör toplam varyansın %22,1’ini, ikinci faktör ise %20,1’ini açıklamaktadır.

Faktör Maddelerinin Belirlenmesi

Ölçeğin faktör yapısını belirlemek amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) yapılmıştır. Faktör çıkarma yöntemi olarak Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood) kullanılmış; özdeğer (eigenvalue) istatistiği, yamaç birikinti grafiği (scree plot) ve açıklanan varyans yüzdeleri dikkate alınarak faktör sayısının iki olduğuna karar verilmiştir. Belirlenen bu iki faktörlü yapının yorumlanabilirliğini artırmak ve maddelerin faktörlere dağılımını netleştirmek amacıyla Promax (eğik) döndürme tekniği uygulanmıştır. Maddelerin ilgili faktördeki yük değerinin alt sınırı için, literatürde örneklem büyüklüğüne göre farklı eşik değerler önerilmekle birlikte, bu çalışmada genel kabul gören 0.30 değeri referans alınmıştır (Büyüköztürk, 2017; Field, 2005). Yapılan analiz sonucunda, faktör yük değeri 0.30'un altında kalan veya faktörler arası binişiklik gösteren (iki faktöre de yakın ve yüksek yük veren) maddeye rastlanmamıştır.

Tablo 3

Ölçek Madde Faktör Yük Değerleri

Madde	Faktör 1	Faktör 2
Madde 1		0.676
Madde 2		0.494
Madde 3		0.527
Madde 4		0.568
Madde 5		0.571
Madde 6		0.550
Madde 7		0.600
Madde 8		0.527
Madde 9		0.549
Madde 10		0.595
Madde 11		0.522
Madde 12		0.544
Madde 13	0.741	
Madde 14	0.820	
Madde 15	0.739	
Madde 16	0.854	
Madde 17	0.741	
Madde 18	0.757	
Madde 19	0.720	

Tablo 3'te sunulan AFA sonuçlarına göre, ölçeğin faktör yapısını netleştirmek amacıyla Promax eğik döndürme tekniği uygulanmıştır. Analiz sonucunda, ölçekte yer alan 19 maddenin tümünün faktör yüklerinin .30 eşik değerini aştığı saptanmıştır. Bu bulgu, tüm maddelerin ölçeğin ölçtüğü yapıya anlamlı düzeyde katkıda bulunduğunu ve yeterli faktör yüküne sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Faktörleşme sonucunda ölçek, iki faktörlü bir yapı göstermiştir: Maddelerden 7'si Faktör 1'e, kalan 12 madde ise Faktör 2'ye özgül olarak yüklenmiştir. Bu dağılım, maddelerin ilgili faktörler altında net bir şekilde gruplandığını göstermektedir.

Faktörlerin Adlandırılması

Biyomimikri Farkındalık Ölçeğini oluşturan faktör yapısı belirlendikten sonra, her faktör için kapsayıcı adlar tanımlanmaya çalışılmıştır. Ölçme aracı geliştirilirken iki temel yaklaşım benimsenmiştir: (i) Doğal ekosistemin işleyişi, organizmaların yapısı ve işlevleri ile doğadan ilham alan biyolojik benzetimlerin doğrudan tasarımlara aktarılabilmesi görüşü ve (ii) bir profesyonel tasarımcı gibi biyomimikri düşüncesinin içselleştirilmesiyle, biyomimikri tasarım ilkeleri ve tasarım döngüleri doğrultusunda farkındalık geliştirilerek tasarım sürecine başlanabileceği görüşü. Bu iki yaklaşım doğrultusunda ölçeğin maddeleri hazırlanmıştır. Tablo 4'te, belirlenen alt boyutlar ve bu boyutlara ait maddeler sunulmuştur. “Biyomimikri kavramını tanımlayabilirim.” veya “Biyomimikriyi kullanarak etkili ve yenilikçi çözümler geliştirebilirim.” ifadelerini içeren 7 madde, Faktör 1 altında toplanmış ve “Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması” olarak adlandırılmıştır. Benzer şekilde “Canlı organizmalardan ilham alarak bir tasarım geliştirilebileceği hakkında bilgi sahibiyim.” veya “Tasarım projeleri yapılırken canlı organizmalardan nasıl ilham alındığını açıklayabilirim.” ifadelerini içeren 12 madde, Faktör 2 altında toplanmıştır.

Tablo 4*Ölçek Boyutları ve Bu Boyutlardan Yük Alan Maddeler*

Boyutlar	Madde Sayısı	Madde Numaraları
Faktör 1. Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması	7	13,14,15,16,17,18,19
Faktör 2. Doğadan İlham Alma	12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12

Alanyazın incelemesi ve uzman görüşleri doğrultusunda Faktör 2 “Doğadan İlham Alma” olarak adlandırılmıştır. Boyutlar ve boyutlara yük veren maddeler belirlendikten sonra ölçeğin güvenirlik çalışmalarına geçilmiştir.

Cronbach’ın Alpha İç Tutarlılık Katsayısı ve Tabakalı Alpha Katsayısı

Cronbach’s Alpha, ölçek maddelerinin aynı temel yapıyı ne ölçüde tutarlı bir şekilde yansıttığını, bir diğer deyişle iç tutarlılığını değerlendirmek için kullanılır. Ölçeklerin psikometrik kalitesi açısından, analizlerde genellikle 0.80 ile 0.95 arasındaki Cronbach’s Alpha değerleri tercih edilmektedir (Field, 2005). Bu kapsamda öncelikle ölçeğin geneline ait Cronbach’s Alpha değeri hesaplanmış ve Tablo 5’te sunulmuştur. Ardından, ölçeğin her bir alt boyutu için de ayrı ayrı Cronbach’s Alpha katsayıları hesaplanarak iç tutarlılıkları değerlendirilmiştir.

Tablo 5*Cronbach’s Alpha Güvenirlik Katsayıları*

	n	$\bar{X}$	SS	Cronbach’s alpha
<i>Biyomimikri Farkındalık Ölçeği</i>	300	2.77	0.571	.875
Doğadan İlham Alma Boyutu	300	3.07	0.650	.844
Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması Boyutu	300	2.26	0.763	.908

Ölçek Cronbach’s Alpha değeri 0.87 hesaplanmıştır. Alt boyutlara göre hesaplanan Cronbach’s Alpha katsayıları, Doğadan İlham Alma Boyutu için 0.84, Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması Boyutu için 0.90 olarak belirlenmiştir. Cronbach’s Alpha katsayısının 1’e yaklaşması, ölçekteki maddelerin iç tutarlılığının yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Madde- Toplam Korelasyonu ve Boyutlar Arası Korelasyon

Maddeler arası korelasyonlar, ölçekteki maddelerin aynı yapıyı ölçüp ölçmediğini değerlendirmek açısından önemlidir ve güvenirlik analizlerinde yol gösterici olabilir. Korelasyonu düşük olan (<0.30) maddeler, ölçeğin iç tutarlılığı açısından daha az tercih edilir ve ölçekten çıkarılmaları düşünülebilir. Bu kapsamda her bir maddenin ait olduğu faktör içindeki Düzeltilmiş Madde-Toplam Korelasyon değeri hesaplanmıştır. Tablo 6’da görüldüğü gibi bu değerler .562 ile .846 arasında değişmektedir.

Tablo 6*Maddelerin Pearson Çarpım-Moment Korelasyon Analizi Sonuçları*

Alt Boyutlar	Maddeler	Düzeltilmiş Madde Toplam r
Doğadan İlham Alma Boyutu	Madde 1	.648
	Madde 2	.573
	Madde 3	.562
	Madde 4	.635
	Madde 5	.600
	Madde 6	.626
	Madde 7	.681
	Madde 8	.572
	Madde 9	.611
	Madde 10	.627

	Madde 11	.581
	Madde 12	.600
	Madde 13	.763
	Madde 14	.836
	Madde 15	.790
Biyomimikrinin	Madde 16	.846
Kavramsallaştırılması Boyutu	Madde 17	.812
	Madde 18	.803
	Madde 19	.781

Madde analizi yapmak amacıyla, ölçekten elde edilen toplam puanlar küçükten büyüğe doğru sıralanarak katılımcıların alt %27'lik ve üst %27'lik dilimlerini oluşturan gruplar belirlenmiştir. Bu iki grubun her bir maddeye verdikleri yanıtlara ilişkin ortalama puanları arasındaki farkın anlamlılığı bağımsız gruplar t-testi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7

Alt ve Üst Grup Puanlarının Bağımsız T-testi Sonuçları

Grup	n	$\bar{X}$	SS	t
BFÖ1 Alt %27	81	2.52	.853	-7.50*
BFÖ1 Üst %27	81	3.51	.823	
BFÖ2 Alt %27	81	2.52	.838	-9.21*
BFÖ2 Üst %27	81	3.65	.727	
BFÖ3 Alt %27	81	2.40	.996	-7.52*
BFÖ3 Üst %27	81	3.51	.882	
BFÖ4 Alt %27	81	2.23	1.052	-9.43*
BFÖ4 Üst %27	81	3.70	.928	
BFÖ5 Alt %27	81	2.20	.993	-8.73*
BFÖ5 Üst %27	81	3.46	.837	
BFÖ6 Alt %27	81	2.06	1.029	-10.68*
BFÖ6 Üst %27	81	3.63	.828	
BFÖ7 Alt %27	81	1.98	.894	-11.88*
BFÖ7 Üst %27	81	3.75	1.007	
BFÖ8 Alt %27	81	2.60	1.126	-7.00*
BFÖ8 Üst %27	81	3.75	.956	
BFÖ9 Alt %27	81	2.41	.932	-10.48*
BFÖ9 Üst %27	81	3.89	.866	
BFÖ10 Alt %27	81	2.44	1.012	-9.03*
BFÖ10 Üst %27	81	3.77	.841	
BFÖ11 Alt %27	81	2.59	1.149	-9.17*
BFÖ11 Üst %27	81	4.07	.891	
BFÖ12 Alt %27	81	2.65	1.051	-10.50*
BFÖ12 Üst %27	81	4.16	.749	
BFÖ13 Alt %27	81	1.44	.725	-12.00*
BFÖ13 Üst %27	81	2.78	.689	
BFÖ14 Alt %27	81	1.35	.636	-16.51*
BFÖ14 Üst %27	81	2.90	.561	
BFÖ15 Alt %27	81	1.54	.881	-11.88*

	Üst %27	81	3.01	.680	
BFÖ16	Alt %27	81	1.47	.743	-13.67*
	Üst %27	81	2.94	.619	
BFÖ17	Alt %27	80	1.48	.711	-14.19*
	Üst %27	81	3.00	.652	
BFÖ18	Alt %27	81	1.47	.743	-12.99*
	Üst %27	81	2.94	.695	
BFÖ19	Alt %27	81	1.48	.776	-12.07*
	Üst %27	81	2.95	.773	

*p<.001

Tablo 7’de sunulan bağımsız grup t-testi sonuçlarına göre, üst %27’lik ve alt %27’lik grupların puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < .001$). Bu bulgu, ölçek maddelerinin yüksek performans gösteren katılımcılar ile düşük performans gösteren katılımcılar arasındaki farkı ayırt etme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Doğrulamalı Faktör Analizi

Doğrulamalı faktör analizi, ölçeğin faktör yapısının doğrulanması amacıyla 400 katılımcıdan toplanan veri ile gerçekleştirilmiştir. Ölçme aracının yapı geçerliği doğrulamalı faktör analizi ile değerlendirilmiştir. Uyum indeksleri mutlak (χ^2 , SRMR ve RMR), parsimoni (RMSEA) ve karşılaştırmalı (CFI ve NNFI) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Brown, 2015). Doğrulamalı faktör analizinde kullanılan uyum indeksleri için alan yazında (Browne ve Cudeck, 1993; Hu ve Bentler, 1999; Kline, 2016) belirtilen mükemmel ve kabul edilebilir kesim noktaları/referans değerleri ile bu çalışmada elde edilen uyum indeksi değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8

Uyum İndekslerinin Kestirim Noktaları ve Ölçek İçin Uyum İndeksleri

İncelenen uyum indeksleri	Mükemmel uyum ölçütleri	Kabul edilebilir uyum ölçütleri	BFÖ
RMSEA	$.00 \leq RMSEA \leq .05$	$.05 \leq RMSEA \leq .08$	.050
CFI	$.95 \leq CFI \leq 1.00$	$.90 \leq CFI \leq .95$	.957
SRMR	$.00 \leq SRMR \leq .05$	$.05 \leq SRMR \leq .10$	.042

Tablo 8’de görüldüğü üzere, bu çalışmada elde edilen uyum indeksi değerleri, alan yazında önerilen kabul edilebilir sınırlar içinde yer almakta olup, bu durum test edilen faktör yapılarının veriyle iyi uyum gösterdiğine işaret etmektedir.

Güvenirlilik

DFA için, 400 katılımcıdan elde edilen ikinci veri setinin Cronbach’s Alpha katsayıları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9

Ölçme Aracının Cronbach’s Alpha Katsayıları

	n	$\bar{X}$	SS	Cronbach’s alpha
Biyomimikri Farkındalık Ölçeği	400	2.63	0.666	.899
Doğadan İlham Alma Boyutu	400	3.02	0.759	.874
Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması Boyutu	400	1.97	0.855	.932

Ölçeğin Cronbach’s Alpha katsayısı .89 olup, alt boyutlardaki katsayılar .87 ile .93 arasında değişmektedir. Nunnally (1978) tarafından yapılan bir çalışmada, Cronbach’s Alpha katsayısı .70 veya daha

yüksek olan ölçümler güvenilir kabul edilmektedir. Bu bağlamda, hesaplanan Cronbach's Alpha katsayılarının .70'in üzerinde olması, ölçme aracının güvenilirliğinin yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma öğrencilerin biyomimikri farkındalığını tespit etmek ve biyomimikri düşüncesini kullanarak etkili tasarımlar üretebilmeleri için gereken hazır bulunuşluklarını değerlendirmek üzere bir ölçme aracının geliştirilmesini, geçerlik ve güvenilirliğinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu çerçevede geliştirilen ölçme aracı öğrencilerin eğitim-öğretim ortamlarında biyomimikri düşüncesi ile tanışmaları ve doğa temelli tasarım çözümleri gerçekleştirmeleri öncesi farkındalık durumlarını değerlendirmek üzere hazırlanmıştır. Açıklayıcı Faktör Analizleri için 300, Doğrulamalı Faktör Analizleri için 400 öğrenci olmak üzere toplamda 700 altıncı ve yedinci sınıf ortaokul öğrencisi ile araştırma yürütülmüştür. 19 maddeden ve açıklayıcı analizler sonucu 2 alt boyuttan oluştuğu tespit edilen ölçeğin araştırma kapsamında güvenilirlik, geçerlik, iç tutarlılık gibi özellikleri tanımlanmıştır. Açıklayıcı Faktör Analizinden elde edilen veriler ile gerçekleştirilen ilk analiz, ölçeğin toplam varyansının %42.2'sini açıkladığını ve bunun %22.1'inin Faktör 1, %20.1'inin ise Faktör 2 tarafından açıklandığını ortaya konulmuştur. Ölçek maddelerinin faktör yükü değerlerinin .49 ile .85 arasında değiştiği görülmüştür. Ortaya çıkan iki faktörlü yapı madde yazım sürecinde kurgulanan teorik çerçeve ile uyushmaktadır. Biyomimikri düşüncesini içselleştiren, biyomimikri tasarım ilkelerini, tasarım döngülerini ve biyomimikri tasarımının özünü yansıtan yaratıcı problem çözmeye yönelik maddelerin tanımlandığı boyut "Faktör 1: Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" olarak adlandırılmıştır. Bu haliyle "Doğadan İlham Alma" boyutu 12 maddeden, "Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" boyutunun ise 7 maddeden oluşmaktadır. Doğal ekosistemin işleyişi, organizmaların yapısı ve işlevleri, doğadan ilham alan biyolojik benzetimlere ilişkin maddeleri içeren "Faktör 2: Doğadan İlham Alma" olarak adlandırılmıştır. Bu haliyle "Doğadan İlham Alma" boyutu 12 maddeden, "Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" boyutunun ise 7 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin Cronbach's Alpha iç tutarlılık katsayısı .87, alt boyutlara göre hesaplanan güvenilirlik katsayıları .84 ve .90 olarak belirlenmiştir. Ölçme aracının madde analizlerinde ise madde korelasyon değerlerinin .56 ile .84 arasında olduğu tespit edilmiştir. Ölçeğin madde ayırt edicilik düzeylerini belirlemek amacıyla, ölçek toplam puanlarına göre oluşturulan alt %27 ve üst %27'lik gruplarda yer alan katılımcıların madde puan ortalamaları bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda tüm maddeler için ($p < .001$) anlamlı farklılıklar elde edilmiş, bu da maddelerin ayırt ediciliğinin yüksek olduğunu göstermiştir. Ölçeğin yapı geçerliliğini incelemek üzere, ilk olarak 300 katılımcıdan toplanan verilerle AFA gerçekleştirilmiştir. AFA sonuçları, 'Biyomimikri Farkındalık Ölçeği'nin iki boyutlu bir yapı sergilediğini ve bu yapının geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olabileceğine dair kanıtlar sunmuştur. AFA ile ortaya konan bu iki boyutlu yapıyı doğrulamak amacıyla, farklı bir örneklemden (400 katılımcı) elde edilen veriler üzerinden Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) yapılmıştır. DFA sonucunda elde edilen uyum indeksleri; $\chi^2/sd = 2.01$, CFI=.96, RMSEA=.05, SRMR=.04 ve TLI=.95 olarak hesaplanmıştır. Model uyumu için kabul edilen referans değerler $\chi^2/sd < 5$ (Wheaton vd., 1977), CFI > .90 (Hu ve Bentler, 1999; Bentler ve Bonett, 1980) ve RMSEA < .08 (Browne ve Cudeck, 1993) göz önüne alındığında, ulaşılan uyum indeksleri, AFA sonucunda tanımlanan iki faktörlü yapının bu veri setiyle de doğrulandığına ve modelin iyi uyum gösterdiğine işaret etmektedir.

Araştırma her ne kadar "Biyomimikri Farkındalık Ölçeği'nin geçerlik ve güvenilirlik sonuçlarını raporlamayı hedeflemiş olsa da elde edilen sonuçların yorumlanabilmesi için öğrencilerin faktörler bazında farkındalık düzeylerinin tanımlanması yararlı olacaktır. İlk ölçümde ($n=300$), 19 maddelik ölçme aracındaki tüm sorular için $\bar{X} = 2.77$ ($SS = 0.57$), "Doğadan İlham Alma" boyutu için $\bar{X} = 3.07$ ($SS = 0.65$) ve "Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" boyutu için $\bar{X} = 2.26$ ($SS = 0.76$) hesaplanmıştır. İkinci ölçümde ($n=400$), sırasıyla tüm sorular için $\bar{X} = 2.63$ ($SS = 0.67$), "Doğadan İlham Alma" boyutu için $\bar{X} = 3.02$ ($SS = 0.76$) ve "Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" boyutu için $\bar{X} = 1.97$ ($SS = 0.85$) bulunmuştur. Likert tipi ölçek kullanıldığından (1 = kesinlikle katılmıyorum, 5 = kesinlikle katılıyorum), her iki uygulamada da öğrencilerin farkındalık düzeylerinin benzer ve ortalama düzeyin altında olduğu söylenebilir. Önemli bir bulgu olarak, "Doğadan İlham Alma" boyutunda öğrencilerin farkındalık düzeyleri yüksek bulunmuştur. Özellikle doğal ekosistemin işleyişi, organizmaların yapısı ve işlevleri ile doğadan ilham alan biyolojik benzetimler konusunda öğrenciler bilinçli olduğu söylenebilir. Ancak, "Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması" boyutunda, biyomimikri düşüncesini içselleştirme, tasarım ilkeleri ve döngülerini anlama konusunda farkındalık seviyeleri ortalamanın altında kalmaktadır. Kavramla ilk kez karşılaşan öğrencilerin bu boyutta düşük puan alması beklenen bir durumdur. Bu sonuç, ölçme aracının geçerlik ve güvenilirliği açısından olumlu bir gösterge sunarken, araştırma bulgularının yorumlanması ve gelecekteki çalışmalar için önemli içgörüler sağlamaktadır.

Bu sonuçlar biyomimikri düşüncesinin öğrencilere kazandırılmasını hedefleyen eğitim araştırmaları ile tutarlık göstermektedir (Coban & Coştu, 2023; Mejía-Villa et al., 2023; Qureshi, 2022; Stevens et al., 2021; Zhu et al., 2024). Örneğin, Coban ve Coştu (2023) araştırmalarında biyomimikri kavramına yönelik örnek tasarımları sunmadan önce, öğrencilerin organizmaları gözlemlmeleri ve yapılar ile işlevleri arasındaki ilişkileri anlamaya odaklanmışlardır. Bu sayede öğrenciler, önceden farkında oldukları konular temelinde biyomimikri süreçlerine daha bilinçli bir şekilde geçiş yapmışlardır. Mevcut araştırmada öğrencilerin, “Canlı organizmalardan ilham alarak bir tasarım geliştirebilirim.”, “Canlı organizmaların teknolojiye uygulama alanlarını keşfedebilirim.”, “Günlük yaşamdaki problemlere canlı organizmaların özelliklerini kullanarak çözüm bulabilirim.” ve “Canlı organizmaların davranışlarını inceleyerek bir tasarım problemine çözüm sunabilirim.” ifadelerinde daha yüksek farkındalık düzeyi gösterdikleri belirlenmiştir. Buna karşın, “Biyomimikri kavramını tanımlayabilirim.”, “Biyomimikri uygulamalarının teknolojiye katkıları hakkında bilgi sahibiyim.” ve “Biyomimikri tasarımların çevre dostu ürünler ve malzemeler geliştirmeye katkı sağladığı hakkında bilgi sahibiyim.” ifadelerinde daha düşük farkındalık düzeyine sahip oldukları görülmüştür. Benzer şekilde, Stevens ve diğerleri (2021), öğrencilerin tasarımlarında işlev, form ve süreç benzerliklerini kolaylıkla kurabildiklerini belirtmişlerdir. Ancak, biyomimikri düşüncesinde tanımlanan sistematik bir tasarım döngüsünü izlemediklerinde, tasarımlarının sınırlı kalabileceğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle, mevcut araştırma kapsamında geliştirilen ölçme aracının ikinci bileşeni olan “Biyomimikrinin Kavramsallaştırılması” boyutunda, öğrencilerin yüksek performans gösterebilmeleri için yeterli farkındalık düzeyine ulaşmaları önemlidir. Bu nedenle, araştırma kapsamında geliştirilen ölçme aracı, çocuklarla yapılacak doğa temelli tasarımlar ve biyomimikri düşüncesine dayalı çözümler öncesinde öğretmenlere veya rehberlere bilgi verici bir işlev üstlenebilir. Bu sayede öğretmenler, öğrencilerinin biyomimikri farkındalık düzeylerini belirleyerek uygun öğrenme yaşantıları planlayabilir ve tasarım gibi uzun ve zahmetli süreçlerde etkinliklerine daha fazla zaman ayırarak destek sağlayabilirler.

Araştırmanın bazı sınırlılıkları mevcuttur. İlk olarak, katılımcılar sadece altıncı ve yedinci sınıf seviyesinden alınmıştır, bu da elde edilen sonuçların daha geniş bir popülasyona genellenmesini kısıtlayabilir. Katılımcıların büyük çoğunluğunun biyomimikriye ilişkin araştırma öncesindeki ön bilgileri çok sınırlıdır. Bu durum, farkındalık düzeylerini ölçerken değişkenlik yaratabilir. Biyomimikri konusunun eğitim ortamlarında ne kadar süreyle ve hangi yöntemlerle işlendiği göz önünde bulundurularak, farkındalık seviyelerine dair yeni değerlendirmeler yapılabilir. Bu araştırmanın bir diğer sınırlılığı, biyomimikri düşüncesinin ülkemizde henüz yeni bir kavram olması ve son yıllarda araştırmalara yansımaya başlamış bir tasarım yaklaşımı olmasından kaynaklanmaktadır. Biyomimikri farkındalığı üzerine yapılacak araştırmaların sonuçlarının güvenilirliğini artırabilmek için ölçme aracının uzun vadeli kullanımı ve farklı örneklerle test edilmesi önem taşımaktadır. Son olarak, ölçme aracı iki boyutta kurgulanmış olup, biyomimikri farkındalığını belirlemeye odaklanmaktadır. Ancak bu araç biyomimikri düşüncesini pratiğe dökme yeteneğini tam olarak ölçemeyebilir. Bu nedenle ölçme aracına biyomimikri tasarım spirali veya biyomimikri tasarım döngülerini dikkate alacak yeni bir boyut eklenmesi, aracın pratiğe yönelik ölçüm yapılabilmesi için faydalı olabilir.

KAYNAKÇA

- Alawad, A. A., & Mahgoub, Y. M. (2014). The impact of teaching biomimicry to enhance thinking skills for students of art education in higher education. *Pensee*, 76(4).
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454–465. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9114-6>
- Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J., Ritter, S., & Benyus, J. (2014). *Biomimicry Resource Handbook: A Seed Bank of Best Practices*. CreateSpace Independent Publishing Platform. <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/biomimicry-resource-handbook/>
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. HarperCollins.
- Biomimicry 3.8. (2015). *Biomimicry Thinking: Biomimicry DesignLens package*. <https://synapse.bio/blog/essential-elements-of-biomimicry>
- Biomimicry Institute. (2017). The Biomimicry Design Process. Biomimicry Toolbox. <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>
- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York, NY: Guilford Press.
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). The Guilford Press.
- Browne, M.W. & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K.A. Bollen & J.S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp.136-162). Newbury Park, CA: Sage.
- Bursal, M. (2019). *SPSS ile temel veri analizleri*. Ankara: Anı Yayıncılık
- Büyüköztürk, Ş. (2017). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı* (23. Baskı). Pegem Akademik Yayıncılık.
- Canbazoglu Bilici, S., Kupeli, M. A., & Guzey, S. S. (2021). Inspired by nature: an engineering design-based biomimicry activity. *Science Activities-Projects and Curriculum Ideas in STEM Classrooms*, 58(2), 77–88. <https://doi.org/10.1080/00368121.2021.1918049>
- Clason, D. L. ve Dormody, T. J. (1994). Analyzing data measured by individual Likert-type items. *Journal of Agricultural Education*, 35(4), ss. 31- 35.
- Coban, M., & Coştu, B. (2023). Integration of biomimicry into science education: biomimicry teaching approach. *Journal of Biological Education*, 57(1), 145–169. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877783>
- Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738–797. <https://doi.org/10.1002/J.2168-9830.2012.TB01127.X>
- DeVellis, R. F. (2003). *Scale development theory and applications* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Dym, C. L., Little, P., & Orwin, E. J. (2002). Engineering design: a project-based introduction. In *Materials & Design* (Vol. 23, Issue 1). [https://doi.org/10.1016/s0261-3069\(01\)00050-4](https://doi.org/10.1016/s0261-3069(01)00050-4)
- English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake-resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255–271. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1264053>

- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160. <https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower#:~:text=%2C%201149%2D1160.,Download%20PDF,-Feedback>
- Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Fisch, M. (2017). The nature of biomimicry: Toward a novel technological culture. *Science, Technology, & Human Values*, 42(5), 795–821.
- Gencer, A. S., Dogan, H., & Bilen, K. (2020). Developing a biomimicry STEM activity by querying the relationship between structure and function in organisms. *Turkish Journal of Education*, 9(1), 64–105. <https://doi.org/10.19128/turje.643785>
- Ginsberg, M., Schiano, J., Kramer, M., Alleyne, M. (2013). Case study in bio-inspired engineering design: Defense applications of exoskeletal sensors, *Defense & Security Analysis*, 29 (2), 156-169.
- Guzey, S. S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y., & Moore, T. J. (2017). The impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in engineering, science, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 207–222. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9673-x>
- Hu, L.T. & Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55.
- Kennedy, S. (2004). *Biomimicry/biomimetics: General Principles and Practical Examples*. The Science Creative Quarterly.
- Kline, R. B. (2016). *Principle and practice of structural equation modelling* (4th ed.). The Guilford Press.
- Lebdioui, A. (2022). Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development. *Ecological Economics*, 202, 107585. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107585>
- Madkour, M., ElSakka, A., Marouf, O., Gomaa, E., & Kamar, M. (2023). Biomimicry as a turning point in reducing COVID-19 infection. *Delta University Scientific Journal*, 6(1), 308-319.
- Mejía-Villa, D. A., Torres-Guevara, D. L. E., Prieto-Sandoval, D. V., Cabra, D. J., & Jaca, D. C. (2023). Training for sustainability through biomimicry and creative problem-solving processes. *Thinking Skills and Creativity*, 49(March 2022), 101359. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101359>
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- OECD (2020). Nature-based solutions for adapting to water-related climate risks. *OECD Environment Policy Papers*, No. 21, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/2257873d-en>.
- Qureshi, S. (2022). How students engage in biomimicry. *Journal of Biological Education*, 56(4), 450–464. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1841668>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling* (3rd ed.). New York, NY: Routledge.
- Shimomura, M. (2010). New trends in next generation biomimetics material technology: Learning from biodiversity. *Science and Technology Trends Quarterly Review*, 37, 53-75.
- Stevens, L., Kopnina, H., Mulder, K., & De Vries, M. (2021). Biomimicry design thinking education: a baseline exercise in preconceptions of biological analogies. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(4), 797–814. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09574-1>

- Sumrall, W. J., Sumrall, K. M., & Robinson, H. A. (2018). Using biomimicry to meet NGSS in the lower grades. *Science Activities*, 55(3–4), 115–126. <https://doi.org/10.1080/00368121.2018.1563041>
- United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>
- United Nations Environment Programme and International Union for Conservation of Nature [UNEP] (2021). *Nature-based solutions for climate change mitigation*. Nairobi and Gland.
- Volstad, N.L., ve Boks, C., (2012). On the use of biomimicry as a valuable tool for the industrial designer. *Sustainable Development*. 189-199.
- Wheaton, B., Muthen, B., Alwin, D., & Summers, G. F. (1977). Assessing reliability and stability in panel models. *Sociological Methodology*, 8(1), 84–136.
- Zari, M. P. (2007, November). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. In *The SB07 NZ sustainable building conference* (No. 033).
- Zhu, C., Klapwijk, R., Silva-Ordaz, M., Spandaw, J., & de Vries, M. J. (2024). Investigating the role of spatial thinking in children's design ideation through an open-ended design-by-analogy challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(5), 1733–1762. <https://doi.org/10.1007/s10798-024-09877-7>

Bilgi Notu:

Bu çalışma, makalenin birinci yazarının "Biyomimikri ve Tersine Mühendislik Temelli STEM Uygulamalarının Üstün Yetenekli Öğrenciler Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması" başlıklı lisansüstü tez çalışması kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bir özeti, 04-07 Eylül 2024 tarihlerinde Edirne'de düzenlenen 16. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde (UFBMEK2024) sunulmuştur. Söz konusu tez çalışması, ayrıca Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (TÜBAP) tarafından 2024/146 proje numarası ile desteklenmiştir.