



Mesleki Eğitim ve Öğretimde Sürdürülebilirlik Becerileri için Biyomimikri Tasarımı

2023-1-EL01-KA220-MEÖ-000158477

KA220-MEÖ - Mesleki Eğitim ve Öğretimde İşbirliği Ortaklıkları

D3.3 Öğretmenler İçin El Kitabı



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Belge Bilgileri	
Proje referansı	2023-1-EL01-KA220-MEÖ-000158477
Çıktı	D3.3 Mesleki Eğitim Öğretmenleri İçin El Kitabı
Yaygınlaştırma düzeyi	Kamuya açık
Tarih	28/2/2025
Belge sürümü	1
Durum	Nihai
Paylaşım	CC-BY-NC-ND
Yazarlar	Stella Regoli, Stella Regoli, Etudes Et Chantiers Corsica Hariklia Tsalapatas, Tesalya Üniversitesi
Hakemler	Ahu Sismek, Yakacık Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Ioana Stefan, İleri Teknoloji Sistemleri



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Katkıda Bulunanlar

Konstantina Vlachoutsou, Tesalya Üniversitesi

Olivier Heidmann, Tesalya Üniversitesi

Christina Taka, Tesalya Üniversitesi

Dimitris Ziogas, Tesalya Üniversitesi

Konstantinos Katsimentes, Tesalya Üniversitesi

Sotiris Evaggelou, Tesalya Üniversitesi

Apostolos Fotopoulos, Tesalya Üniversitesi

Antoni Stefan, ATS

Ancuța Georghe, ATS

Carlos Vaz de Carvalho, Sanal Kampüs

Laura Trevisan, Infodef



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

İçindekiler

Katkıda Bulunanlar	3
İçindekiler	4
1. 6	
2. 8	
3. 9	
3.1 Biyomimikri nedir?	9
3.2 Mesleki eğitimde biyomimikri'nin önemi	10
3.3 Uygulamada biyomimikri	11
3.3.1 Biyomimikri'nin temel ilkeleri	11
3.3.2 Çeşitli alanlarda vaka çalışmaları ve örnekler	12
3.3.3 Doğadan ilham alan zorluklar ve çözümler	13
4. Öğrenme metodolojileri ve çerçeveleri	16
4.1 PTÖ ve biyomimikri	16
4.1.1 PTÖ ve biyomimikri karşılaştırması	16
4.1.2 Biyomimikriyi PTÖ'ye entegre etme	18
4.1.3 İşbirlikçi öğrenmeyi kolaylaştırma	19
4.2 LET's MIMIC pratik biyomimikri öğrenme çerçevesi	19
4.2.1 Öğrenme çıktıları ve yeterlilikler	20
4.2.2 LET's MIMIC'in yenilikçi pedagojik yaklaşımların uygulanması	23
4.2.3 Biyomimikri ile öğrenme etkinlikleri tasarlama	24
4.3.4 Değerlendirme stratejileri	26



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Ancak burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği

ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

5. Öğrenciler için biyomimikri projeleri tasarlamaya yönelik LET's MIMIC yaklaşımı	28
5.1 Zorlukların ve problem tanımlarının belirlenmesi	28
5.2 Biyomimikriden ilham alan çözümler üretme	29
5.3 Vaka çalışmalarının geliştirilmesi ve belgelenmesi	29
6. Destekleyici pedagojik kaynaklar ve araçlar	31
6.1 Yaygın dijital kaynaklar ve araçlar	31
6.2 Biyomimikri dış veritabanları ve ağları.....	31
6.3 LET's MIMIC portalı	32
6.4 Biyomimikri için LET's MIMIC dijital öğrenme platformu	33
6.5 LET's MIMIC öz düzenlemeli öğrenme kiti.....	34
6.6 LET's MIMIC eğitim modülleri	35
7. Yerel bağlamlarda uygulama önerileri	36
7.1 El kitabının yerel bağlamlara uyarlanması	36
7.2 Öğretmen eğitimi ve desteği.....	36
7.3 İzleme ve değerlendirme	37
8. İlave okuma ve araştırma	39
Sonuç.....	40
Kaynakça	41



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Ancak burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği

ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

1. Giriş

Biyomimikri, ya da “doğadan ilham alan inovasyon”, doğanın enerji, ulaşım ve atık yönetimi dahil olmak üzere birçok insani soruna yönelik çözümleri çoktan geliştirmiş olduğu fikrine dayanır (Benyus, 2014). Yenilenebilir enerji kullanımı, verimli kaynak yönetimi ve geri dönüşüm gibi doğanın temel ilkelerini takip ederek biyomimikri, sürdürülebilirliği teşvik etmede hayati bir rol oynar. Disiplinler arası işbirliğini vurgulayan biyomimikri, 21. yüzyılın sürdürülebilir tasarımına katkıda bulunur. Ayrıca, yaratıcılığı ve problem çözme becerilerini geliştirirken STEM konularını ve çevre bilimlerini öğretme fırsatları sunarak STEM eğitimi tamamlar (Biomimicry Institute, 2017). Dünya artan çevresel ve toplumsal zorluklarla karşı karşıya kalırken, biyomimikri tasarımcıların ve mühendislerin verimli, sürdürülebilir ve dayanıklı çözümler geliştirmelerini sağlar. Biyomimikrinin eğitime entegre edilmesi, öğrencilerin çevre bilincini geliştirirken doğanın bilgeliğine olan takdirlerini güçlendirmeye yardımcı olur.

Project LET's MIMIC, mesleki eğitim öğrencileri ve ötesinde inovasyon ve sürdürülebilirlik becerileri geliştirmek için biyomimikriyi problem tabanlı öğrenmeyle bütünleştiren yenilikçi bir öğrenme çerçevesi sunar.

Proje, biyomimikri faaliyetlerinde öğrenci işbirliği için dijital öğrenme hizmetleri geliştirmektedir. Ayrıca, tanımlama, biyolojikleştirme, keşfetme, soyutlama, taklit etme ve değerlendirme gibi biyomimikri adımları üzerine yapılandırılmış öğrenciler için dijital öğrenme içeriği geliştirmektedir. Buna ek olarak, proje, eğitimcilerin biyomimikri öğrenme faaliyetleri tasarlama ve bunları sınıfa dahil etme kapasitesini geliştirir. Bu amaçla, LET's MIMIC eğitimci destek içeriği geliştirmektedir.

Bu belge, mesleki eğitim ve öğretim (MEÖ) eğitimcilerinin sınıfta biyomimikri öğrenme etkinlikleri tasarlamasına ve sunmasına destek olan bir el kitabıdır. Belge, biyomimikriyi problem tabanlı öğrenme ve deneyimsel ve sorgulamaya dayalı öğrenme gibi diğer aktif öğrenme



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

metodolojileriyle bütünleştiren metodolojik bir öğrenme tasarımı sunmaktadır. Eğitimcilerin biyomimikri etkinliklerini tasarlaması, sunması ve bu etkinliklerin öğrenciler üzerindeki olumlu etkisini değerlendirmesi için adımlar sunmaktadır. Son olarak, belge, harici hizmetler ve ağlar ile LET's MIMIC öz düzenlemeli öğrenme kiti, eğitim modülleri ve dijital öğrenme platformu dahil olmak üzere biyomimikri öğrenme kaynakları ve araçlarını sunmaktadır.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

2. El kitabının amaçları

Bu el kitabının temel amacı, mesleki eğitim öğretmenlerine biyomimikriyi öğretim uygulamalarına dahil etmek için gerekli araç ve kaynakları sağlamaktır. Hedefler şunlardır:

- **Biyomimikri kavramlarını tanıtmak:** Biyomimikriyi ve çeşitli bağlamlarda uygulandığını açıklamak.
- **Pratik öğretim stratejileri sunmak:** Öğretmenlere, biyomimikriyi derslerine entegre etmeleri için problem tabanlı öğrenme (PTÖ) yaklaşımları da dahil olmak üzere pratik metodolojiler kazandırmak.
- **Eleştirel yetkinlikleri geliştirmek:** Biyomimikriye dayalı projeler aracılığıyla öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcılık ve problem çözme becerilerini geliştirmeye odaklanmak.
- **Sürdürülebilirliği teşvik etmek:** Doğadan ilham alan çözümleri vurgulayarak mesleki eğitimde sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini teşvik etmek.
- **İşbirliğini kolaylaştırmak:** İşbirliğine dayalı öğrenmeyi ve disiplinler arası yaklaşımları destekleyerek takım çalışmasını ve yeniliği teşvik etmek.

Bu el kitabı sayesinde, mesleki eğitim öğretmenleri, öğrencilerini biyomimikriyi keşfetmeye ve bunu gerçek dünyadaki zorluklara uygulamaya yönlendirmek için gerekli bilgi ve güveni kazanacak ve onları sürdürülebilirlik ve inovasyona öncelik veren kariyerlere hazırlayacak.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

3. Biyomimikriye giriş

Yunanca “bios” (yaşam) ve “mimesis” (taklit) kelimelerinden türetilen biyomimikri terimi, insanlığın karşılaştığı zorlukları çözmek için doğanın tasarımlarından, sistemlerinden ve süreçlerinden öğrenme ve bunları taklit etme uygulamasını ifade eder. Yenilikçiler, organizmaların çevrelerine nasıl uyum sağladığını ve temel işlevlerini nasıl yerine getirdiğini gözlemleyerek, çeşitli disiplinlerde sürdürülebilir, verimli ve dayanıklı çözümler üretebilirler. Biyomimikri, tasarım düşüncesinde bir paradigma değişikliği sunarak sürdürülebilirliği ve doğa ile uyumu vurgular.

Bu bölümde, biyomimikri'nin temel kavramlarını, mesleki eğitim ve öğretim (MEÖ) ile ilgisini ve bu el kitabının biyomimikri'yi bir öğretim ve öğrenim aracı olarak tanıtmaya hedeflerini inceleyeceğiz.

3.1 Biyomimikri nedir?

Biyomimikri, insanlığın karşılaştığı zorluklara çözümler geliştirmek için doğadan ilham alma uygulamasıdır. Canlı organizmaların gelişmek için kullandıkları stratejileri anlamayı ve bunları mühendislik, mimari, ürün tasarımı ve kaynak yönetimi gibi çeşitli alanlarda uygulamayı içerir (Benyus, 1997).

Doğa, milyarlarca yıl boyunca evrimleşerek son derece verimli, uyarlanabilir ve sürdürülebilir çözümler ortaya çıkarmıştır. Örneğin:

- **Velcro®'nun tasarımı**, dikenlerin küçük kancalar aracılığıyla hayvan kürküne yapışmasından esinlenmiştir.
- **Enerji verimli binalar** genellikle termit yuvalarını taklit ederek iç sıcaklığı sabit tutar.
- **Rüzgar türbinleri**, verimliliği artırmak için kambur balina yüzgeçlerinin şekline göre tasarlanmıştır.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Biyomimikri, sadece doğayı kopyalamak değil, altta yatan ilkeleri anlamak ve bunları sürdürülebilirlik ve etik uygulamalarla uyumlu bir şekilde insanlığın karşılaştığı zorluklara uygulamaktır.

3.2 Mesleki eğitim ve öğretimde biyomimikri'nin önemi

Mesleki eğitim ve öğretim (MEÖ), öğrencilere işgücünde uygulanabilecek pratik beceriler kazandırmaya odaklanır. Biyomimikrinin MEÖ eğitimine entegre edilmesi, birkaç önemli fayda sağlar (Oguntona ve Aigbavboa, 2023):

- **Yenilikçi problem çözme becerileri:** Biyomimikri, öğrencileri doğayı gözlemleyerek ve ondan öğrenerek eleştirel ve yaratıcı düşünmeye teşvik eder. Bu, hem etkili hem de sürdürülebilir yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasına yol açabilir.
- **Sürdürülebilirlik odaklılık:** Çevresel zorluklarla karşı karşıya olan bir dünyada, öğrencilere ekolojik ilkelerle uyumlu çözümler tasarlamayı öğretmek hayati önem taşımaktadır. Biyomimikri, kaynak verimliliğine, atık azaltımına ve doğa ile uyuma değer veren bir zihniyet geliştirir.
- **Disiplinlerarası öğrenme:** Biyomimikri, biyoloji, tasarım, mühendislik ve çevre bilimi gibi disiplinler arasında köprü kurar. Mesleki eğitim öğrencileri, kendilerini çeşitli kariyer yollarına hazırlayan geniş bir beceri seti geliştirebilirler.
- **Katılım ve motivasyon:** Doğadan öğrenmek merak ve coşkuyu tetikleyerek eğitimi daha ilgi çekici hale getirir ve gerçek dünyadaki zorluklarla daha alakalı kılar.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.



Şekil 1. Günümüzün karmaşık sürdürülebilirlik zorluklarını çözmek için doğadan ilham almak.

Biyomimikriyi dahil ederek, mesleki eğitim, işe hazır ve sektörlerinde sürdürülebilir inovasyona katkıda bulunabilecek yetenekli profesyoneller yetiştirebilir.

3.3 Uygulamada biyomimikri

Bu bölümde, biyomimikri ilkelerinin gerçek dünya bağlamlarında nasıl uygulandığını inceleyeceğiz. Biyometrik tasarımı yönlendiren temel ilkeleri anlamaktan çeşitli sektörlerdeki vaka çalışmalarını incelemeye kadar, bu bölüm doğanın yaratıcılığının yenilikçi ve sürdürülebilir çözümlere nasıl ilham verebileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca, biyomimikriyi uygularken karşılaşılan zorlukları ve doğadan ilham alan stratejilerin bunları nasıl aşabileceğini de ele alacağız.

3.3.1 Biyomimikri'nin temel ilkeleri

Biyomimikri, tasarımcıların ve yenilikçilerin doğanın bilgeliğinden yararlanmasına yardımcı olan temel ilkeler tarafından yönlendirilir. Bu ilkeler, yenilikçi çözümlerin sürdürülebilir olmasını ve ekolojik sistemlerle uyumlu olmasını sağlar (Benyus, 1997; Vincent ve ark., 2006). Aşağıda biyomimikrinin bazı temel ilkeleri yer almaktadır:

- **Doğanın biçimlerini, süreçlerini ve sistemlerini taklit etmek:** Biyomimikri, işlevsel ve verimli çözümler yaratmak için doğanın şekillerini, malzemelerini ve yöntemlerini



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

gözlemlemeyi ve taklit etmeyi içerir. Örneğin, yalıçapkının aerodinamik vücudu, yüksek hızlı trenlerin tasarımına ilham kaynağı olmuştur (Benyus, 1997; Bhushan, 2009).

- **Yerel koşullara uyum sağlamak:** Tıpkı organizmaların belirli ortamlarda gelişmek için evrimleşmesi gibi, biyomimikri de yerel koşullara ve kaynaklara uygun çözümler üretir (El-Zeiny, 2012).
- **Yaşam dostu kimya kullanın:** Doğanın süreçleri, toksik olmayan, yenilenebilir kaynaklara dayanır. Biyomimikri, çevre dostu malzemelerin ve üretim yöntemlerinin kullanılmasını teşvik eder (Kennedy ve ark., 2015).
- **Maksimize etmek yerine optimize edin:** Doğanın çözümleri verimlidir ve sadece gerekli olanı kullanır. Bu ilke, performansı en üst düzeye çıkarırken kaynak kullanımını en aza indirmeyi teşvik eder (Vincent ve ark., 2006).
- **Hayatta kalmak için evrimleşin:** Doğa, adaptasyon ve dayanıklılık yoluyla sürekli evrimleşir. Biyomimetik çözümler esnek olmalı ve değişen koşullara uyum sağlayacak şekilde evrimleşebilmelidir (Benyus, 1997; Pawlyn, 2011).
- **Gelişimi büyümeyle bütünleştirin:** Doğada sistemler, çevreleriyle uyum içinde büyür ve bireysel ihtiyaçları ekosistemin sağlığıyla dengeler (Benyus, 1997).

Bu ilkelere bağlı kalarak, biyomimetik, insan ihtiyaçlarını karşılayan ve ekolojik sınırlara saygı duyan sürdürülebilir inovasyonu teşvik eder.

3.3.2 Çeşitli alanlarda vaka çalışmaları ve örnekler

Biyomimikri, mimari ve tasarımdan teknoloji ve sağlık hizmetlerine kadar çeşitli endüstrilerde uygulanmaktadır. Aşağıda, uygulamada biyomimikrinin bazı önemli örnekleri yer almaktadır:

- **Mimarlık ve inşaat:**
 - Zimbabve'deki **Eastgate Centre**, iç sıcaklığı sabit tutmak ve enerji tüketimini azaltmak için termit yuvalarının doğal havalandırma sistemlerini taklit eden bir binadır.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- İngiltere'deki **Eden Projesi**, sabun köpüklerinin yapısından esinlenerek alan ve mukavemeti optimize eden biyomlara sahiptir.
- **Mühendislik ve teknoloji:**
 - **Velcro®**, İsviçreli bir mühendisin köpeğinin tüylerine dikenlerin nasıl yapıştığını fark etmesiyle icat edildi. Kanca ve halka tasarımı, devrim niteliğinde bir tutturma sistemi haline geldi.
 - Japonya'daki **Shinkansen Hızlı Treni**, gürültüyü azaltmak ve verimliliği artırmak için yeniden tasarlandı. Trenin burnu, bir yalıçapkının gagasını taklit ederek havada sorunsuz bir şekilde hareket etmesini sağlıyor.
- **Sağlık ve tıp:**
 - **Geko'nun yapışkan ayakları**, cilde zarar vermeden yapışan yeni tıbbi yapıştırıcıların ve bandajların geliştirilmesine ilham verdi.
 - **Köpekbalığı derisi desenleri**, antibakteriyel yüzeylerin tasarımını etkilemiş ve hastanelerde enfeksiyonların yayılmasını azaltmıştır.
- **Enerji ve kaynak yönetimi:**
 - Ayçiçeğinin güneşi takip etme yeteneğinden esinlenen **güneş panelleri**, gün boyunca enerji yakalamayı en üst düzeye çıkarır.
 - **Rüzgar türbinleri**, kambur balina yüzgeçlerinin tırtıklı kenarlarını taklit ederek geliştirilmiş, verimlilik artırılmış ve gürültü azaltılmıştır.

Bu örnekler, biyomimikri'nin karmaşık insani sorunları ele alan yenilikçi ve sürdürülebilir çözümlere nasıl yol açabileceğini göstermektedir.

3.3.3 Doğadan ilham alan zorluklar ve çözümler

Biyomimikri muazzam bir potansiyel sunsa da, uygulaması bazı zorluklar barındırmaktadır. Bu zorlukları anlamak ve bunları aşmak için doğadan ilham almak, biyomimetik tasarımın önemli bir unsurudur (Oguntona ve Aigbavboa, 2023).



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.



Şekil 2. Dünya çapında biyomimikri faaliyetlerine örnekler.

Biyomimikriyi uygulamadaki zorluklar:

- **Doğal sistemlerin karmaşıklığı:** Doğanın çözümleri genellikle karmaşıktır ve biyolojik süreçlerin derinlemesine anlaşılmasını gerektirir. Bunları insan tasarımlarına aktarmak zor olabilir.
- **Maliyet ve uygulanabilirlik:** Biyomimetik tasarımlar, başlangıçta maliyetli veya ölçeklendirilmesi zor olan özel malzemeler veya süreçler içerebilir.
- **Disiplinler arası işbirliği:** Biyomimikri genellikle biyologlar, mühendisler, tasarımcılar ve diğer uzmanlar arasında işbirliği gerektirir ve bu işbirliğini koordine etmek zor olabilir.
- **Yasal ve pazar engelleri:** Yeni, yenilikçi ürünler, yasal onay veya pazar kabulü konusunda engellerle karşılaşabilir.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Biyomimetik, yukarıdaki zorlukların üstesinden gelmek için bir ilham kaynağıdır. İnovasyon için biyomimetik uygulamalarına yönelik doğadan ilham alan çözümlerin bazı örnekleri şunlardır:

- **Uyarlanabilir tasarımlar:** Doğa bize değişen ortamlara uyum sağlamayı öğretir. Esnek ve gelişebilen ürünlerin başarı şansı daha yüksektir.
- **Verimlilik ve kaynak kullanımı:** Biyomimetik çözümler, doğada görüldüğü gibi kaynak kullanımını optimize ederek maliyetleri ve çevresel etkiyi azaltabilir.
- **İşbirliği modelleri:** Doğa, farklı türlerin işbirliği yaptığı ekosistemlerde işler. Benzer şekilde, ortak hedefler ve karşılıklı faydalar aracılığıyla disiplinler arası ekip çalışması teşvik edilebilir.
- **Dayanıklılık ve yedeklilik:** Doğal sistemler, dayanıklılığı sağlamak için genellikle yerleşik yedeklilik özelliğine sahiptir. Biyomimetik tasarımlar, dayanıklılığı ve güvenilirliği artırmak için benzer özellikleri içerebilir.

Bu zorlukları anlayarak ve doğanın stratejilerini uygulayarak, biyomimetik engelleri aşabilir ve yenilikçi, verimli ve sürdürülebilir çözümler sunabilir.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

4. Öğrenme metodolojileri ve çerçeveleri

Bu bölüm, mesleki eğitim ve öğretimde (MEÖ) yenilikçi öğrenme metodolojilerinin rolünü ve bunların biyomimetik ile nasıl uyumlu olduğunu ele almaktadır. Özellikle, aktif problem çözme ve keşfi teşvik eden öğrenci merkezli bir yaklaşım olan PTÖ üzerinde durulmaktadır. Biyomimetik'i PTÖ'ye entegre etmek, öğrenenlerin doğanın stratejilerinden ilham alarak zorluklara yaratıcı bir şekilde yaklaşmalarını sağlar.

4.1 PTÖ ve biyomimikri

4.1.1 PTÖ ve biyomimikriyi karşılaştırma

Bu projenin bağlamında, PTÖ ve biyomimikri süreç tasarımının entegrasyonu, **PTÖ** ve biyomimikri adımları arasında net bir ilişki kuran bir **Öğrenme Çıktıları Matrisi** (LET's MIMIC projesi Çıktı 2.1 BÖLÜM A – Sürdürülebilirlik Becerileri için Öğrenme Çıktıları Matrisi, 2025) aracılığıyla yapılandırılmıştır. Bu matris, biyomimikriyi PTÖ tabanlı öğrenme faaliyetlerine dahil etmeyi kolaylaştıran bir çerçeve sağlar ve eğitimcilerin bu bağlantıyı etkili bir şekilde kurmalarını destekler. Hem PTÖ hem de biyomimikri yinelemeli süreçlerdir. LET's MIMIC projesi, biyomimikri süreçlerini daha geniş kapsamlı PTÖ etkinliklerine entegre etmek için bir metodoloji sunmaktadır (LET's MIMIC teknik raporu D2.1 BÖLÜM B – Biyomimikri Süreç Tasarımı için Proje Tabanlı Öğrenme Çerçevesi, 2025). Her iki yöntemin yinelemeli yapısı, aşağıdaki temel adımlarda yansıtılmaktadır:



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

PTÖ Adımları	Biyomimikri Süreç Tasarımı Adımları
Tanımlama: Sorunu belirleyin ve başarı kriterlerini oluşturun.	Tanımlama: Tasarımın yaratması gereken etkiyi açıkça ifade edin ve zorluğu tanımlayın.
Biyolojikleştirme: Sorunu biyolojik terimlerle anlayın.	Biyolojikleştirme: Doğada bu zorluğun temel işlevlerini ve bağlamını analiz edin.
Keşfetme: Aynı işlevleri yerine getiren doğal modelleri araştırın.	Keşfet: Benzer zorlukları çözen biyolojik stratejileri ve kalıpları belirleyin.
Özetleyin: Temel biyolojik ilkeleri çıkarın ve bunları biyolojik olmayan terimlerle yeniden ifade edin.	Soyutlama: Biyolojik stratejilerin ardındaki temel özellikleri veya mekanizmaları inceleyin ve bunları tasarım stratejilerine dönüştürün.
Taklit Etme: Doğal stratejilerden ilham alan çözümler geliştirin.	Taklit edin: Biyomimikri ilkelerini uygulayarak yenilikçi çözümler üretin.
Değerlendirin: Çözümleri uygulanabilirlik ve etki açısından test edin ve iyileştirin.	Değerlendirme: Biyomimetik tasarımın sürdürülebilirlik kriterlerini ve kısıtlamalarını ne kadar iyi karşıladığını değerlendirin.

Tablo 1. PTÖ ve biyomimikri süreçlerinin uyumlu hale getirilmesi (LET's MIMIC teknik raporu D2.1 BÖLÜM B - Sürdürülebilirlik Becerileri için Biyomimikri Süreç Tasarımı, 2025).



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Bu matris, eğitimcilere ve öğrencilere rehberlik ederek biyomimikri ilkelerinin **PTÖ tabanlı** faaliyetlere sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini sağlar. Eğitimciler, PTÖ'deki mevcut yetkinliklerden yararlanarak, biyomimikrinin bir tasarım çerçevesi olarak yapılandırılmış bir şekilde benimsenmesini kolaylaştırabilir ve mesleki eğitim ve öğretimde (MEÖ) doğadan ilham alan çözümlerin uygulanmasını geliştirebilir.

Bu entegre yaklaşım, MEÖ ortamlarındaki işyeri dinamiklerini yansıtarak, öğrencileri mesleki gelişimleriyle ilgili karmaşık ve çok yönlü zorlukları ele almaya hazırlar.

4.1.2 Biyomimikriyi PTÖ'ye entegre etmek

Biyomimikriyi PTÖ'ye entegre etmek, öğrencileri doğal sistemlerden ilham almaya teşvik ederek problem çözme becerilerini geliştirir. Biyomimikri, insanlığın karşılaştığı zorlukları sürdürülebilir ve verimli bir şekilde ele almak için doğanın zaman içinde kendini kanıtlamış stratejilerinden öğrenmeyi vurgular.

Aşağıda, biyomimikrinin PTÖ'ye entegrasyonu için stratejiler yer almaktadır (LET's MIMIC teknik raporu D2.1 BÖLÜM B – Biyomimikri Süreç Tasarımı için Proje Tabanlı Öğrenme Çerçevesi, 2025):

- **Doğadan ilham alan problem tanımları:** Öğrencileri biyolojik süreçlerden veya organizmalardan ilham alan çözümler aramaya açıkça teşvik eden problem senaryoları tasarlayın. Örneğin, enerji verimliliği, su tasarrufu veya yapısal tasarım zorlukları biyomimetik terimlerle çerçevelenebilir.
- **Biyolojik keşif:** Öğrencilerin, doğadaki kalıpları, yapıları ve işlevleri gözlemlemek için fiziksel olarak veya sanal kaynaklar aracılığıyla doğal ortamları keşfetme ve inceleme fırsatlarını kolaylaştırın.
- **Disiplinlerarası işbirliği:** Biyoloji, mühendislik, tasarım ve sürdürülebilirlik alanlarından elde edilen içgörülerle disiplinlerarası işbirliğini teşvik edin. Bu, genellikle çeşitli uzmanlık gerektiren biyomimikri'nin gerçek dünyadaki uygulamasını yansıtmaktadır.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Prototip geliştirme:** Öğrencilere, biyomimetik çözümlerinin prototiplerini geliştirme ve test etme konusunda rehberlik edin, böylece yinelemeli öğrenmeyi ve yeniliği teşvik edin.
- **Sürdürülebilirlik üzerine düşünme:** Doğal verimlilik ile insan tasarımındaki zorluklar arasında paralellikler kurarak, sürdürülebilir çözümlerin önemini vurgulayın.

PTÖ'de biyomimikri, yaratıcılığı teşvik eder ve sürdürülebilirlik ve inovasyona odaklanan bir zihniyet aşlar; bu da çevresel sorumluluk konusunda küresel hedeflerle uyumludur.

4.1.3 İşbirliğine dayalı öğrenmeyi kolaylaştırma

İşbirliği, karmaşık sorunları çözmeye yönelik disiplinler arası yaklaşımı yansıtan biyomimikri projelerinde kritik öneme sahiptir.

Aşağıda, biyomimetik projelerde öğrenci işbirliğini teşvik etmeye yönelik stratejiler yer almaktadır (Hmello, 2004):

- **Takım bazlı projeler:** Öğrencileri biyomimikri ile ilgili zorlu görevler üzerinde çalışmak üzere farklı takımlara ayırın ve bilgi ile bakış açılarını paylaşmalarını teşvik edin.
- **Rol yapma alıştırmaları:** Öğrenciler, simüle edilmiş problem çözme senaryolarında tasarımcı, mühendis veya biyolog rollerini üstlenebilirler.
- **Akran geri bildirimi:** Öğrenciler birbirlerinin çalışmalarını inceleyip geri bildirimde bulunarak, işbirliğine dayalı ve destekleyici bir öğrenme ortamı yaratabilirler.
- **Disiplinler arası işbirliği:** Yenilikçi çözümler geliştirmek için biyoloji, mühendislik ve sanat gibi farklı alanlardan gelen öğrenciler arasında ortaklıklar kurulmasını teşvik edin.
- **Çevrimiçi tartışma forumları:** Forumları, sürekli tartışmaları, fikir paylaşımını ve akran desteğini kolaylaştırmak için kullanın.
- **Mentorluk fırsatları:** Biyomimikri alanındaki uzmanları ve profesyonelleri, öğrencilere mentorluk yapmaları ve gerçek dünyaya ilişkin içgörüler sunmaları için dahil edin.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

4.2 LET's MIMIC pratik biyomimikri öğrenme çerçevesi

Bu bölüm, mesleki eğitim ve öğretimde (MEÖ) biyomimikrinin uygulanmasına yönelik yapılandırılmış bir yaklaşım sunar. Temel öğrenme çıktıları ve yeterliliklerin belirlenmesi, ilgi çekici öğrenme etkinliklerinin tasarlanması ve biyomimikri ilkeleriyle uyumlu etkili değerlendirme stratejilerinin geliştirilmesine odaklanır.

4.2.1 Öğrenme çıktıları ve yeterlilikler

Biyomimikriyi müfredata etkili bir şekilde entegre etmek için, net öğrenme çıktıları ve yeterlilikleri tanımlamak esastır. Bu çıktılar, öğrencilerin biyomimikri temelli eğitim yoluyla geliştirecekleri teknik ve aktarılabılır becerileri kapsamalıdır.

PTÖ'de biyomimikri, endüstri ve toplum tarafından büyük değer verilen sürdürülebilirlik bilgisi, becerileri ve yeterliliklerinin geliştirilmesine katkıda bulunur. Aşağıdakilerin geliştirilmesine yardımcı olur (Mejia-Villa ve ark., 2023):

- **Bilgi:** Masa başı araştırmaları ve anket bulgularından elde edilen bilgilerle, mesleki eğitim ve öğretimde (MEÖ) sürdürülebilirlikle ilgili temel kavramları, ilkeleri ve teorileri anlamak.
- **Beceriler:** Mesleki eğitim ve öğretim bağlamlarında sürdürülebilirlik ilkelerini etkili bir şekilde uygulayan uygulamalı öğrenme deneyimleri yoluyla pratik yeteneklerin geliştirilmesi.
- **Yetkinlikler:** Sürdürülebilirliği mesleki eğitim müfredatına entegre etmek için eleştirel düşünme, problem çözme ve karar verme becerilerini edinmek.
- **Yumuşak beceriler:** Biyomimikri, iş piyasasında çok değer verilen yumuşak yeşil becerilerin gelişimini de teşvik eder. Bunlar arasında şunlar yer alır:
 - **Yaratıcılık ve yenilikçilik:** Kişisel ve mesleki yaşamda yaratıcılık ve yenilikçiliğin önemini fark etmek, özgün fikirler üretmek ve zorluklara yaratıcı yaklaşımlar uygulamak.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Problem çözme:** Karmaşık durumları parçalara ayırarak, temel nedenleri belirleyerek ve etkili çözümler bulmak için mantıksal akıl yürütme uygulayarak yapılandırılmış bir problem çözme zihniyeti geliştirmek.
- **Takım İşbirliği:** Ortak hedeflere ulaşmada takım çalışmasının değerini fark etmek, işbirliği stratejileri geliştirmek ve bir takım içinde etkili bir şekilde çalışmak için iletişim tekniklerini kullanmak.
- **Merak ve ilham:** Biyomimikri, öğrencileri doğanın tasarımlarını ve süreçlerini taklit ederek gerçek dünyadaki sorunları keşfetmeye teşvik eder ve öğrenmeyi daha ilgi çekici hale getirir.
- **Eleştirel düşünme ve sistem düşüncesi:** Öğrencileri, doğal sistemlerin nasıl işlediğini analiz etmeye ve bu ilkeleri yenilikçi problem çözmeye uygulamaya teşvik etmek.
- **Bağlamsal öğrenme:** Disiplinler arası öğrenme deneyimlerini teşvik etmek için biyoloji, mühendislik, tasarım ve çevre bilimini entegre etmek.
- **Çevre bilinci ve etik düşünme:** Sürdürülebilirlik, etik hususlar ve tasarım çözümlerinin uzun vadeli etkilerine yönelik farkındalığı teşvik etmek.
- **Tasarım odaklı düşünme:** Biyomimikri temelli problem çözme yoluyla yaratıcılığı ve yinelemeli geliştirme süreçlerini teşvik etmek.
- **İletişim:** PTÖ yoluyla karmaşık fikirleri etkili bir şekilde sunma becerisini geliştirmek.
- **Dayanıklılık ve Uyum Yeteneği:** Doğanın uyum yeteneğinden ders almak, zorlukların üstesinden gelmede dayanıklılık ve azim geliştirir.
- **Teknik beceriler:** Biyomimikri, aşağıdakiler dahil olmak üzere temel teknik becerilerin geliştirilmesini destekler:
 - **Bilimsel araştırma:** Temel araştırma metodolojilerini anlamak ve doğal veya sosyal fenomenleri araştırma becerisini geliştirmek.
 - **Teknik çizim:** İşlevleri ve yapıları görsel olarak doğru bir şekilde aktarmak için teknik çizimin temel ilkelerini ve uygulamalarını öğrenmek.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Sürdürülebilirlik becerileri:** Biyomimikri, aşağıdakiler yoluyla öğrencilerin sürdürülebilir alışkanlıklar ve davranışlar benimsemelerine yardımcı olur:
 - **Farkındalık yaratma:** Sürdürülebilirliği ve temel unsurlarını tanımlama.
 - **Sürdürülebilirliği farklı bağlamlarda uygulama:** Belirli bağlamlara ve çeşitli sektörlerle göre sürdürülebilir faaliyetleri karşılaştırma ve seçme.
 - **Disiplinlerarası öğrenme:** Sürdürülebilirliğe yönelik disiplinlerarası yaklaşımlar geliştirmek.
 - **İletişim:** Sürdürülebilirliği teşvik etmek için pratik iletişim araçları ve sosyal yardım yöntemleri seçmek.
 - **Aktif katılım:** Eğitim, farkındalık ve stratejik iletişim yoluyla sürdürülebilir seçimleri teşvik etmek.
- **Yurttaşlık bilinci:** Biyomimikri, aşağıdakiler yoluyla yurttaşlık sorumluluğunu da güçlendirir:
 - **Demokrasi becerileri:** Demokratik ilkeleri ve vatandaşların hak ve sorumluluklarını anlamak.
 - **Yurttaş katılımı:** Yurttaş katılımı ilkelerini günlük hayata uygulamak.
 - **Topluma etki:** Toplulukları etkileyen sosyal, politik ve çevresel sorunları analiz etmek.
 - **Politika anlayışı:** Çoklu bakış açıları ve sosyal etkileri göz önünde bulundurarak sivil politikaları değerlendirmek.
 - **Kapsayıcılık:** Kapsayıcılığı ve sivil hayata katılımı teşvik etmek.
 - **Sivil katılımda iletişim:** Sivil katılım ve savunuculuk için etkili iletişim teknikleri geliştirmek.
- **Biyomimikriye özgü beceriler:** Biyomimikri temelli eğitime katılan öğrenciler, aşağıdakiler gibi özel yetkinlikler geliştireceklerdir:
 - **Biyolojik sistemleri anlama:** Biyomimikri süreçlerini ve modellerini anlama.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Biyomimikri'nin temel ilkelerini anlamak:** Biyomimikri'nin temel ilkelerini ve doğal süreçlerin insan inovasyonlarına nasıl ilham verdiğini açıklamak.
- **Bilginin gerçek dünyaya aktarılması:** Biyomimikri ilkelerinin gerçek dünyadaki sorunlara uygulanması ve vaka çalışmalarının analiz edilmesi.
- **Mevcut biyomimikri çözümlerini değerlendirme:** Güçlü ve zayıf yönleri belirleme ve iyileştirme fırsatlarını tespit etme.
- **Etik yönleri anlamak:** Biyomimikri uygulamalarında etik ve sürdürülebilirlik hususlarını incelemek.

Bu teknik, sürdürülebilirlik, yurttaşlık ve biyomimikriye özgü becerileri müfredata entegre etmek, öğrencilere işgücünün ve toplumun değişen taleplerine hazırlayan çok yönlü bir eğitim sağlayacaktır.

4.2.2 LET'S MIMIC yenilikçi pedagojik yaklaşımlarının uygulaması

PTÖ ve biyomimikrinin entegrasyonuna yönelik LET's MIMIC yaklaşımı, **yapılandırmacı** ve **sosyal öğrenme** teorilerini uygular ve öğrencilerin gerçek dünyadaki problem çözme yoluyla aktif olarak öğrenmelerini sağlar. Yapılandırmacılık, bilginin aktarıldığı değil, sentezlendiği savını savunan bir pedagojik teoridir (Papert, 1993). Yapılandırmacılık, öğrencilerin aktif yaklaşımlar, deneyler ve keşif yoluyla daha iyi öğrendikleri ilkesine dayanır. LET's MIMIC, bu eğitim yaklaşımını bir adım daha ileri götürerek, modern dünyanın karmaşık zorluklarını ele almak için doğadan ilham alan **biyomimikri süreç tasarımı** yoluyla aktif öğrenmeyi uygulamaktadır.

LET's MIMIC pedagojik tasarımına entegre edilen diğer pedagojik yaklaşımlar şunlardır:

- **Oyunlaştırma:** Oyun unsurları, eğlence dışındaki bağlamlarda ve öğrenmede uzun vadeli katılımı teşvik etmek için kullanılır (Deterding ve ark., 2011).
- **Mikro öğrenme:** Öğrencilerin bilgilerini pekiştiren kısa süreli öğrenme etkinlikleri (Hug, 2005; Buchem ve ark. 2010).



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Deneyimsel öğrenme:** Doğa yürüyüşleri veya saha ziyaretleri gibi doğrudan deneyimler yoluyla öğrenci katılımı, biyolojik sistemlerin işleyişini gözlemlemeye yardımcı olabilir. Uygulamalı projeler, öğrencilerin deneyimsel öğrenme paradigmasına (Kolb, 1984) uygun olarak öğrendiklerini gerçek dünyadaki zorluklara uygulamalarına olanak tanır.
- **Tasarım odaklı düşünme:** Bu inovasyon oluşturma süreci, öğrencileri kullanıcıların ihtiyaçlarına empati kurmaya, sorunları tanımlamaya, çözümler için beyin fırtınası yapmaya ve prototipler oluşturmaya teşvik eder. Tasarım odaklı düşünme, biyomimikri'nin problem çözme yaklaşımıyla uyumludur (Brown, 2009).
- **Sorgulamaya dayalı öğrenme:** Öğrenciler, doğadan ilham alan çözümler bulmak için soruları araştırır ve incelemeler yapar. Bu yöntem, merakı ve bağımsız öğrenmeyi teşvik eder (Pedaste ve ark., 2015).
- **Proje tabanlı öğrenme:** Öğrenciler, gerçek dünyadaki sorunları ele alan uzun vadeli projeler üzerinde çalışır ve çözümlerine biyomimikri ilkelerini entegre eder (Blumenfeld ve ark., 1991; Thomas, 2000).
- **Tersine sınıf:** Öğrenciler ders öncesinde videolar ve okumalar gibi materyalleri gözden geçirerek, ders süresini tartışmalar, uygulamalı etkinlikler ve biyomimikri kavramlarının daha derinlemesine incelenmesi için kullanabilirler (Bergman ve Sams, 2012; Bishop ve Verleger, 2013).

Bu entegre öğrenme çerçevesi, öğrenciler arasında aşağıdakiler gibi öz düzenleme becerilerinin gelişimini destekler:

- Hedef belirleme.
- İçsel motivasyon.
- Kendi kendini izleme.
- Kendi kendine öğrenme.
- Kendi kendini pekiştirme.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Öğretmenler, LET'in MIMIC öğrenme çerçevesini uygulayarak aktif, kişiselleştirilmiş ve işbirliğine dayalı öğrenme yolları geliştirebilir, böylece öğrenci katılımını ve eğitim sonuçlarını artırabilirler.

4.2.3 Biyomimikri ile öğrenme etkinlikleri tasarlama

Pratik öğrenme etkinlikleri, öğrencilerin katılımını sağlamak ve biyomimikri kavramlarına ilişkin derin bir anlayış geliştirmek için çok önemlidir. Bu etkinlikler, keşif, yaratıcılık ve uygulamalı çalışmayı teşvik etmelidir.

Öğrenme etkinlikleri türleri:

- **Vaka çalışması analizleri:** Öğrencilere başarılı biyometetik inovasyonların vaka çalışmalarını sunun ve onları biyolojik ilham kaynağını, tasarım sürecini ve sonuçları analiz etmeye teşvik edin.
- **Saha keşfi:** Öğrencilerin biyolojik yapıları ve sistemleri gözlemleyip belgeleyebilecekleri doğal ortamlara ziyaretler düzenleyin.
- **Tasarım zorlukları:** Öğrencilerin biyomimikri ilkelerini kullanarak gerçek dünyadaki bir soruna çözüm geliştirmeleri gereken açık uçlu tasarım zorlukları verin.
- **Prototip atölyeleri:** Öğrencilerin biyometetik tasarımlarının fiziksel veya dijital prototiplerini oluşturabilecekleri atölyeler düzenleyin.
- **İşbirliği projeleri:** Disiplinler arası işbirliği ve kolektif problem çözme gerektiren grup projeleri aracılığıyla takım çalışmasını teşvik edin.
- **Yansıtma ve günlük tutma:** Öğrencilerin öğrenme yolculuklarını, doğadan edindikleri içgörülerini ve kişisel gelişimlerini belgeledikleri yansıtıcı etkinlikleri entegre edin.

Aşağıda, biyomimikri temelli eğitim yaklaşımları aracılığıyla geliştirilen bir öğrenme etkinliğinin örneği yer almaktadır:

Başlık: Doğadan ilham alan su filtreleme tasarımı.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Amaç: Doğal süreçlerden (ör. mangrovlar, mercan resifleri) ilham alan bir su filtreleme sistemi tasarlamak.

Adımlar:

- Bitkilerin ve ekosistemlerin suyu doğal olarak nasıl filtrelediğini araştırın.
- Gözlemlenen biyolojik ilkelere dayalı bir kavramsal tasarım geliştirin.
- Bir prototip oluşturun ve etkinliğini test edin.
- Bulguları sunun ve çözümün sürdürülebilirliği üzerine düşünün.

4.3.4 Değerlendirme stratejileri

Biyomimikri temelli öğrenmede değerlendirme, nihai ürünü, süreci ve geliştirilen temel yetkinlikleri değerlendiren bütüncül bir yaklaşım olmalıdır. Biçimlendirici ve özetleyici değerlendirmelerin birleşimi, öğrenci öğreniminin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar.

Değerlendirme yöntemleri şunları içerebilir:

- **Değerlendirme ölçekleri:** Yaratıcılık, problem çözme, takım çalışması, sürdürülebilirlik hususları ve teknik doğruluğu değerlendiren ayrıntılı değerlendirme ölçekleri geliştirin.
- **Portföyler:** Öğrencileri, araştırmalarını, tasarım süreçlerini, prototiplerini ve düşüncelerini belgeleyen bir portföy oluşturmaya teşvik edin.
- **Sunumlar:** Öğrencilerin biyomimetik çözümlerini açıkladıkları ve tasarım tercihlerini gerekçelendirdikleri sözlü sunumlar aracılığıyla değerlendirin.
- **Akran değerlendirmesi:** İşbirliğine dayalı öğrenmeyi teşvik etmek ve çeşitli geri bildirimler sağlamak için akran değerlendirmesini dahil edin.
- **Öz değerlendirme:** Öğrencilerin öz değerlendirme araçları aracılığıyla performanslarını ve öğrenme ilerlemelerini değerlendirmelerine izin verin.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Prototip testi ve değerlendirmesi:** Öğrenciler tarafından geliştirilen prototiplerin işlevselliğini, uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini değerlendirin.

Yukarıdakiler, aşağıda analiz edilen biçimlendirici veya özetleyici değerlendirme bağlamlarında uygulanabilir:

- **Biçimlendirici değerlendirme:** Kontrol noktaları, tartışmalar ve taslak incelemeleri yoluyla sürekli geri bildirim sağlayın. Bu yaklaşım, sürekli iyileştirmeye olanak tanır ve öğrencilerin yapıcı geri bildirimlere dayanarak çalışmalarını iyileştirmelerini sağlar. Biçimlendirici değerlendirme, yalnızca sonucu değil öğrenme sürecini vurgulayarak daha derin bir anlayış ve beceri gelişimini teşvik eder.
- **Özetleyici değerlendirmeler:** Tamamlanan proje, sunum ve genel portföy temelinde nihai değerlendirmeler yapın.

Biyomimikri eğitiminde yinelemeli öğrenme ve beceri geliştirmeye verilen önem göz önüne alındığında, biçimlendirici değerlendirmeler tercih edilen yaklaşımdır. Bu yöntem, öğrencilerin zamanında geri bildirim almasını sağlayarak, öğrenme yolculuğu boyunca yansıtma, uyum ve sürekli ilerlemeyi teşvik eder.

Biçimlendirici değerlendirme, geri bildirimi etkileşimli ve ilgi çekici hale getirmek için aşağıdaki gibi dijital araçlarla desteklenebilir:

- Kahoot®: Öğrencilerin biyomimikri kavramlarını ne kadar anladıklarını kontrol etmek için hızlı testler yapmak amacıyla kullanılır.
- Mentimeter®: Öğrencilerin öğrenme ilerlemeleri hakkında bilgi toplamak için canlı anketler veya kelime bulutları oluşturmak amacıyla kullanılır.
- Padlet®: Öğrencilerin fikirlerini işbirliği içinde belgelemelerine ve üzerinde düşünmelerine olanak tanır.
- Google® Docs ve Jamboard®: Akran değerlendirmelerini ve işbirliğine dayalı beyin fırtınasını kolaylaştırır.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- Flip® (eski adıyla Flipgrid): Öğrencileri, öğrenme süreçleri hakkında kısa video yansımaları sunmaya teşvik etmek için kullanılır.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

5. Öğrenciler için biyomimikri projeleri tasarlamaya yönelik LET's MIMIC yaklaşımı

Bu bölüm, zorlukların belirlenmesi aşamasından doğadan ilham alan yenilikçi çözümlerin üretilmesine kadar, biyomimikri projelerinin geliştirilmesindeki pratik adımlara odaklanmaktadır. Ayrıca, öğrenmeyi ve bilgi paylaşımını geliştirmek için vaka çalışması geliştirme ve belgelemenin önemini vurgulamaktadır.

5.1 Zorlukları ve problem tanımlarını belirleme

İyi tanımlanmış bir zorluk veya problem tanımı, başarılı bir biyomimikri projesinin temelidir. Doğru zorluğun belirlenmesi, öğrencilerin biyomimikri ilkelerini etkili bir şekilde uygulayarak yenilikçi çözümler geliştirmelerini sağlar.

Zorlukları belirlemeye yönelik adımlar şunlardır:

- **Gözlem ve keşif:** Öğrencileri çevrelerini keşfetmeye ve doğadan ilham alan çözümlerle insan yapımı sistemlerin iyileştirilebileceği alanları gözlemlemeye teşvik edin.
- **Paydaşlarla etkileşim kurun:** Çözüm gerektiren gerçek dünyadaki zorlukları belirlemek için topluluk üyeleri, sektör uzmanları veya diğer paydaşları sürece dahil edin.
- **Sürdürülebilirliğe odaklanın:** Çevresel, sosyal veya ekonomik etkileri olan ve sürdürülebilir çözümler gerektiren zorluklara öncelik verin.
- **Sorun tanımını çerçeveleyin:** Öğrencilere, sorunu tanımlayan ve biyomimikri tabanlı çözümler için bağlamı belirleyen açık ve özlü sorun tanımları oluşturmaları konusunda rehberlik edin. Örneğin, "Termit yuvaları gibi biyolojik sistemlerden esinlenerek, sıcaklığı doğal olarak düzenleyen enerji verimli binaları nasıl tasarlayabiliriz?"



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

5.2 Biyomimikriden esinli çözümler üretme

Bir sorun belirlendikten sonra, bir sonraki adım doğadan ilham alan çözümler üretmektir. Bu süreç araştırma, fikir üretme ve biyomimikri ilkelerinin uygulanmasını içerir (Deldin ve Schuknecht, 2014).

Çözüm üretme adımları şunlardır:

- **Biyolojik modelleri araştırmak:** Öğrenciler, doğanın benzer zorlukları nasıl çözdüğünü araştırmalıdır. Örneğin, güneş paneli tasarımı için yaprakların ışık yakalamayı nasıl optimize ettiğini incelemek.
- **Beyin fırtınası ve fikir üretme:** Öğrencilerin biyolojik araştırmalarına dayalı olarak birden fazla çözüm önerdiği beyin fırtınası oturumları düzenleyin.
- **Seçme ve geliştirme:** Öğrencilerin en uygulanabilir ve etkili çözümü seçmelerine ve fikirlerini geliştirmelerine yardımcı olmak için onlara sürekli geri bildirim sağlayın.
- **Prototip oluşturma ve test etme:** Öğrencileri prototipler oluşturmaya, çözümlerini test etmeye ve performans ve geri bildirimlere göre ayarlamaya teşvik edin. Prototip oluşturma sırasında öğrenciler, doğadaki örneklerden ilham alabilirler, örneğin:
 - Velcro®: Hayvan kürküne yapışan dikenli tohumlardan esinlenmiştir.
 - **Kendi kendini temizleyen yüzeyler:** Suyu ve kiri iten lotus yaprağından esinlenmiştir.
 - **Enerji verimli havalandırma:** İç sıcaklığı düzenleyen termit yuvalarından esinlenmiştir.

5.3 Vaka çalışmalarının geliştirilmesi ve belgelenmesi

Biyomimikri projelerini vaka çalışmaları olarak belgelemek, öğrenme, yansıtma ve bilgiyi daha geniş bir kitleyle paylaşma açısından çok önemlidir. İyi belgelenmiş bir vaka çalışması, sorunun tanımlanmasından çözümün uygulanmasına ve sonuçlara kadar tüm süreci vurgular (Pawlin, 2011).



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Biyomimikri vaka çalışmasının temel unsurları şunlardır:

- **Giriş ve arka plan:** Tanımlanan zorluk ve önemi dahil olmak üzere projeye ilişkin bağlamı sağlayın.
- **Biyolojik ilham:** Çözüme ilham veren doğal sistemleri veya organizmaları, ilgili özellikleri ve işlevleri ayrıntılı olarak açıklayın.
- **Tasarım ve geliştirme süreci:** Araştırma, fikir üretme, prototip oluşturma ve test etme dahil olmak üzere çözümü geliştirme adımlarını özetleyin.
- **Sonuçlar ve Etki:** Çözümün etkinliği ve olası etkileri de dahil olmak üzere projenin sonuçlarını sunun.
- **Yansımalar ve Öğrenilenler:** Proje boyunca elde edilen başarılar, karşılaşılan zorluklar ve öğrenilen dersler üzerine düşünün.
- **Görsel Belgeler:** Projenin ilerleyişini göstermek için resimler, eskizler, diyagramlar ve prototipler ekleyin.

Aşağıda, biyomimikri temelli eğitim yaklaşımları ile geliştirilmiş bir vaka çalışması örneği yer almaktadır:

Başlık: Doğadan ilham alan su toplama sistemi.

Amaç: Kurak bölgeler için bir su toplama sistemi tasarlamak.

Biyolojik ilham: Dokulu kabuğunu kullanarak sisden su toplayan Namib Çölü böceğinin incelenmesi.

Çözüm: Böceğin kabuğunu taklit eden bir yüzeye sahip, su toplama verimliliğini optimize eden bir sis toplama cihazı.

Sonuçlar: Saha testlerinde geleneksel yöntemlere kıyasla su toplama oranlarında artış.

- **Yansımalar:** Tasarımın ölçeklenebilirliğini iyileştirme ve geliştirme amacıyla ek biyolojik modelleri keşfetme konusunda içgörüler.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

6. Destekleyici pedagojik kaynaklar ve araçlar

Biyomimikride etkili öğretim, işbirliğine dayalı öğrenmeyi teşvik eden yenilikçi yöntemlerden, dijital araçlardan ve stratejilerden yararlanmayı gerektirir. Bu bölüm, eğitimcilere öğrenci katılımını ve öğrenme sonuçlarını geliştirmek için pratik yaklaşımlar ve kaynaklar sunar.

6.1 Yaygın dijital kaynaklar ve araçlar

Dijital araçlar, kaynaklara erişim sağlayarak, işbirliğini kolaylaştırarak ve yaratıcı projeleri destekleyerek biyomimikri eğitimini geliştirir.

Temel araç ve kaynaklar şunlardır:

- **Öğrenme yönetim sistemleri (LMS):** Google Classroom veya Moodle gibi platformlar, ders içeriğini, ödevleri ve tartışmaları düzenlemeye yardımcı olur.
- **Biyomimikriye özgü kaynaklar:** AskNature.org gibi web siteleri, öğrencilere ilham verebilecek biyolojik stratejiler ve çözümlerden oluşan bir veritabanı sunar.
- **3D modelleme yazılımı:** Tinkercad® veya SketchUp® gibi araçlar, öğrencilerin biyomimikriden ilham alan tasarımların dijital prototiplerini oluşturmalarına olanak tanır.
- **İşbirliği platformları:** Miro®, Trello® ve Padlet® gibi araçlar, beyin fırtınası, proje takibi ve fikir paylaşımını mümkün kılar.
- **Video ve multimedya:** YouTube® veya TED Talks® gibi platformlardaki videolar, biyomimikriye ilişkin görsel açıklamalar ve gerçek hayattan örnekler sunabilir.

6.2 Biyomimikri dış veri tabanları ve ağları

Biyomimikri, daha fazla keşif için çok sayıda kaynağın mevcut olduğu küresel bir harekettir. Aşağıdaki veritabanları ve ağlar, biyomimikri vaka çalışmalarına erişmek, uzmanlarla bağlantı kurmak ve doğadan ilham alan yenilikleri keşfetmek için değerli araçlardır.

Önemli harici biyomimikri kaynakları şunlardır:



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **AskNature:** Biomimicry Institute tarafından oluşturulan kapsamlı bir çevrimiçi kaynaktır. Yenilikçilerin tasarım zorluklarına çözüm olarak dönüştürdüğü biyolojik stratejilerin yer aldığı geniş bir veritabanı sunar. Öğretmenler ve öğrenciler, enerji, ulaşım, su ve daha birçok temaya dayalı, doğadan ilham alan yenilikleri arayabilirler.
Web sitesi: www.asknature.org
- **Biomimicry Global Network:** Uygulayıcıları, eğitimcileri ve öğrencileri bir araya getirerek fikir ve bilgi alışverişinde bulunmalarını ve projelerde işbirliği yapmalarını sağlayan bir ağıdır. Bu ağ, insanların birbirlerinden öğrenmelerini ve hareketi küresel ölçekte büyötmelerini sağlar.
Web sitesi: www.biomimicry.org
- **Bioneers Network:** Doğaya dayalı çözümlerin gücünü tanıtan bir ağ olan Bioneers, ekolojik ve sosyal değişimin kesiştiği noktada çalışan bireyleri ve kuruluşları bir araya getirir.
Web sitesi: www.bioneers.org
- **Yerel biyolojik çeşitlilik ve ekosistem veritabanları:** Çeşitli ulusal ve bölgesel biyolojik çeşitlilik veri havuzları, yerel flora ve fauna hakkında ayrıntılı bilgi sağlar. Bu kaynaklar, öğrencilerin biyomimikri projeleri tasarlarken ilham almasına yardımcı olabilir. Örnekler arasında Avrupa Biyoinformatik Enstitüsü gibi Avrupa ve ulusal veritabanları ile bölgesel koruma çabaları sayılabilir.
- **Biomimicry Institute'un İnovasyon Laboratuvarı:** Bu işbirliğine dayalı çevrimiçi alan, yenilikçilerin ve eğitimcilerin insan tasarımındaki zorlukları aşmak için doğanın çözümleriyle bağlantı kurmasına yardımcı olur. Enstitünün kaynakları, web seminerleri ve inovasyon laboratuvarı, en son araştırmalara ve projelere doğrudan erişim sağlar.
Web sitesi: www.biomimicry.org/innovation-lab

6.3 LET's MIMIC portalı

LET's MIMIC portalı, ziyaretçilere yardımcı olacak kapsamlı bilgiler sunar:



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Biyomimikri kavramları:**
- **LET's MIMIC metodolojik öğrenme tasarımı:** Metodolojiler dahil olmak üzere proje uygulamalarına ilişkin teknik raporlar.
- **LET's MIMIC dijital öğrenme hizmetleri ve içeriği:** Biyomimikri öğrenme sürecini desteklemek için dijital hizmetlere doğrudan ve açık erişim.
- **LET's MIMIC eğitimci destek içeriği:** Destek materyalleri arasında kendi kendine öğrenme kiti, eğitim modülleri, dijital öğrenme platformu kılavuzu ve daha fazlası bulunmaktadır.
- **LET's MIMIC bilgilendirme materyalleri:** Broşürler ve haber bültenleri.
- **LET's MIMIC etkinlikleri ve yaygınlaştırma bilgileri:** Etkinlikler, bilimsel yayınlar ve internet makaleleri, sosyal medya paylaşımları, basın bültenleri ve daha fazlası gibi yaygınlaştırma faaliyetleri.

Web sitesi: letsmimic.eu

6.4 Biyomimikri için LET's MIMIC dijital öğrenme platformu

LET's MIMIC biyomimikri dijital öğrenme platformu, **LET's MIMIC biyomimikri süreç tasarımı metodolojisi** aracılığıyla öğrenmeyi geliştirmek üzere tasarlanmış bir dijital alandır (LET's MIMIC teknik raporu D2.1 BÖLÜM B – Biyomimikri Süreç Tasarımı için Proje Tabanlı Öğrenme Çerçevesi, 2025). Dijital platform, mesleki eğitim öğrencileri ve öğretmenlerinin **problem temelli ve öz düzenlemeli öğrenme yollarını (SRL-P)** keşfedebilecekleri işbirliğine dayalı bir ortam sunmaktadır.

Platformun temel özellikleri ve bileşenleri şunlardır:

- **Mikro öğrenme modülü:** Bu modül, öğrencilerin kendilerine uygun zamanlarda eğitime katılmalarını sağlayan kısa, odaklanmış öğrenme birimleri sunarak kişiselleştirilmiş ve esnek öğrenme deneyimleri sağlar.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Kendi Kendini Düzenleyen Öğrenme modülü:** Bu modül, bireysel hedeflere göre uyarlanmış içerik sunar ve öğrencilerin oyunlaştırılmış zorluklar aracılığıyla kendi öğrenme yollarını belirlemelerini sağlar.
- **Takım çalışması modülü:** Bu modül, grup etkinlikleri yoluyla etkileşimi, fikir paylaşımını ve üst düzey düşünmeyi teşvik eden işbirliğine dayalı bir alandır.
- **Oyunlaştırma modülü:** Oyunlaştırma, öğrencileri motive etmek ve katılımlarını sağlamak için puan, rozet ve liderlik tabloları gibi özellikleri içerir.
- **Değerlendirme modülü:** Bu modül, ilerlemeyi izler ve öğrencilerin performanslarını iyileştirmelerine yardımcı olmak için geri bildirim sağlar.

6.5 LET's MIMIC öz düzenlemeli öğrenme kiti

Eğitimsel zorlukların ve vaka çalışmalarının geliştirilmesi, bu faaliyetin temel taşlarından biridir. Bu faaliyet, biyomimikri yoluyla ele alınan vaka koleksiyonunu ve sınıfta kullanılmak üzere açık vakaları tanıtan kapsamlı bir belgede belgelenmiştir (LET's MIMIC teknik raporu D3.2 Kendi Kendini Düzenleyen Öğrenme Kiti, 2025). Bu kit şunları içerir:

- **21. yüzyıl becerileri için eğitim vaka çalışmaları:** Gerçek hayattaki sorunlara dayanan 60 vaka çalışmasından oluşan kapsamlı bir set. Bu zorluklar, problem çözme, analitik düşünme, yaratıcı düşünme, BİT okuryazarlığı ve STEM konularına disiplinlerarası yaklaşımlar dahil olmak üzere kritik yetkinlikleri geliştirir.
- **Biyomimikriden ilham alan çözümler için kaynak bankası:** Mesleki eğitim öğrencilerinin yaş ve bilgi düzeylerine uygun, biyomimikriden ilham alan 60 çözümden oluşan seçilmiş bir arşiv. Bu çözümler, öğrencilerin doğal sistemler ile insanlık sorunları arasında paralellikler kurmasına ve inovasyon için biyomimikriyi uygulamasına yardımcı olur. Çözümler, yukarıda bahsedilen vaka çalışmalarını ele alır. Öğrenme zorlukları ile biyomimikriden ilham alan çözümler arasında bire bir ilişki vardır.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Biyomimikri yoluyla ele alınabilecek açık zorluklar koleksiyonu:** Zorluklar, vaka çalışmalarıyla benzer bir formata sahiptir ancak açıktır ve çözüm sunulmamıştır. Bunlar, eğitimciler tarafından sınıfta doğrudan kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve öğrencilerin biyomimikri temelli inovasyon için takımlar halinde ele almaları amaçlanmıştır. Eğitimciler ayrıca bunları, ek öğrenci etkinliklerini yapılandırmak için referans olarak kullanabilirler.

Vaka çalışmaları ve zorluklar, LET's MIMIC dijital öğrenme platformuna entegre edilmek ve son derece etkileşimli ve ilgi çekici bir dijital ortamda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Ancak, gerektiğinde çevrimdışı olarak da kullanılabilirler. Bu süreçte katılarak, öğrenenler sürdürülebilirlik becerileri kazanır ve biyomimikri ilkeleri ile bunların pratik uygulamaları hakkında daha derin bir anlayış geliştirir.

6.6 LET's MIMIC eğitim modülleri

LET's MIMIC eğitim modülleri, biyomimikri adımlarının her birine odaklanan kapsamlı ve uçtan uca etkinliklerden oluşur: tanımlama, biyolojikleştirme, keşfetme, soyutlama, taklit etme ve değerlendirme. Bu modüller, LET's MIMIC öz düzenlemeli öğrenme kitindeki içeriği ve eğitimcilerin sınıfta doğrudan kullanabilecekleri şekilde düzenlenmiş ek içeriği bir araya getirir.

Eğitim modülleri, eğitimciler için ek bir öğrenme kaynağıdır ve öğrencilerin biyomimikri tasarımına ilişkin bilgi ve becerilerini geliştirmeye yardımcı olur.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

7. Yerel bağlamlarda uygulama önerileri

Biyomimikrinin mesleki eğitim ve öğretime entegre edilmesi, dikkatli uygulama stratejileri, yerel uyarlamalar ve güçlü öğretmen desteği gerektirir. Bu bölüm, eğitimcilerin el kitabının içeriğini etkili bir şekilde kullanmalarına ve etkisini izlemelerine yardımcı olacak pratik yaklaşımları özetlemektedir.

7.1 El kitabını yerel bağlamlara uyarlama

Her eğitim ortamının kendine özgü ihtiyaçları vardır ve biyomimikri öğretim materyallerini yerel bağlamlara uyarlamak, bunların uygunluğunu ve etkinliğini sağlar.

Yerel bağlamlara yönelik temel uyarlama stratejileri şunlardır (Maccioni ve ark., 2024):

- **Yerel zorlukları anlamak:** Biyomimikriye dayalı projelerle ele alınabilecek bölgesel çevresel veya toplumsal zorlukları belirleyin. Örneğin, su kıtlığı çözümleri kurak bölgelerde daha uygun olabilir.
- **Yerel biyolojik çeşitliliği dahil etme:** Öğretim materyallerinde yerel flora ve faunayı vurgulayarak, öğrencilerin yakın çevreleriyle bağlantı kurmalarına yardımcı olun.
- **Dil ve kültürel uygunluk:** İçeriği yerel dilleri, kültürel referansları ve öğretim uygulamalarını yansıtacak şekilde çevirin veya değiştirin.
- **Paydaşların katılımı:** Biyomimikri projelerini gerçek dünyadaki ihtiyaçlarla uyumlu hale getirmek için yerel endüstriler, çevre örgütleri ve topluluk paydaşlarıyla işbirliği yapın.

7.2 Öğretmen eğitimi ve desteği

Öğretmenlerin, biyomimikri içeriğini sunmak ve öğrencilerin katılımını güvenle sağlamak için eğitime ve sürekli desteğe ihtiyacı vardır (Schunk ve Mullen, 2013).

Öğretmen eğitimi ve destek stratejileri şunları içerir:



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Atölye çalışmaları ve seminerler:** Biyomimikri kavramları, öğretim yöntemleri ve proje tabanlı öğrenme yaklaşımları üzerine eğitim oturumları düzenleyin.
- **Mentorluk programları:** Öğretmenleri, rehberlik ve en iyi uygulamaları sunabilecek biyomimikri uzmanları veya deneyimli eğitimcilerle eşleştirin.
- **Kaynak kütüphaneleri:** Kolay erişim ve referans için öğretim materyalleri, ders planları ve vaka çalışmalarından oluşan bir arşiv oluşturun.
- **Akran öğrenme ağları:** Öğretmenlerin deneyimlerini, zorluklarını ve çözümlerini paylaşabilecekleri forumlar veya gruplar oluşturun.
- **Sürekli mesleki gelişim:** Biyomimikri ve yenilikçi öğretim uygulamalarına odaklanan web seminerleri, çevrimiçi kurslar ve konferanslar aracılığıyla sürekli öğrenme fırsatları sunun.

7.3 İzleme ve değerlendirme

Biyomimikri eğitiminin etkinliğini izlemek ve değerlendirmek, öğrenme hedeflerinin karşılanmasını sağlamak ve iyileştirme alanlarını belirlemek için çok önemlidir (Jituafua, 2024).

Biyomimikri öğrenme müdahalesinin etkinliğine ilişkin izleme ve değerlendirme teknikleri şunlardır:

- **Öğrenci değerlendirmeleri:** Biomimikri ilkelerinin öğrenciler tarafından ne kadar anlaşıldığını ve uygulandığını ölçmeye yardımcı olan biçimlendirici değerlendirmeler, öğrenme süreci boyunca sürekli geri bildirim ve gelişim sağlar. Özetleyici değerlendirmeler ise nihai projeleri veya sunumları değerlendirmek için seçici bir şekilde kullanılabilir.
- **Proje sonuçları:** Yaratıcılık, yenilikçilik ve gerçek dünyadaki uygulanabilirliğe odaklanarak öğrenci projelerinin kalitesini ve etkisini değerlendirmek.
- **Geri bildirim mekanizmaları:** Öğrencilerin, öğretmenlerin ve paydaşların deneyimlerini anlamak ve zorlukları belirlemek için geri bildirim toplanması.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

- **Etki çalışmaları:** Biyomimikri eğitiminin öğrencilerin becerileri, kariyer seçimleri ve sürdürülebilirliğe katkıları üzerindeki uzun vadeli etkisini ölçmek için çalışmalar yürütülür.
- **Sürekli iyileştirme:** Değerlendirme verilerini kullanarak öğretim materyallerini, metodolojileri ve destek sistemlerini iyileştirin, böylece bunların sürekli olarak uygunluğunu ve etkinliğini sağlayın.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

8. Daha fazla okuma ve araştırma

Biyomimikri alanını daha derinlemesine incelemek isteyen eğitimciler, öğrenciler ve araştırmacılar için aşağıdaki kitaplar, makaleler ve çevrimiçi kaynaklar vazgeçilmezdir:

Önerilen kitaplar:

- **Biomimicry: Innovation Inspired by Nature**, Janine Benyus
Bu çığır açıcı kitap, biyomimikri ilkelerini tanıtıyor ve doğadan ilham alan inovasyonun dünyanın en acil sorunlarından bazılarını nasıl çözebileceğini gösteriyor.
Yayınevi: HarperCollins
- **Design for Life: The Architecture of the Natural World**, Sim Van der Ryn
Ekolojik tasarıma odaklanan bu kitap, doğal sistemlerin ve organizmaların mimari ve diğer alanlarda sürdürülebilir tasarımı nasıl yönlendirebileceğini araştırıyor.
Yayınevi: Greenleaf Publishing
- **Teknolojinin Doğası: Nedir ve Nasıl Evrimleşir**, W. Brian Arthur
Teknolojik evrim ve doğanın süreçlerinin teknolojik gelişmelerde nasıl yansıtılabileceğinin keşfi.
Yayınevi: Free Press



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Sonuç

Bu belge, mesleki eğitim ve öğretime odaklanarak, eğitimcilerin doğadan ilham alan inovasyon için biyomimikri uygulamalarını tasarlayıp öğrenime entegre etmelerine destek olacak bir metodoloji sunmaktadır. Belge, eğitimcilerin biyomimikri öğrenme metodolojileri ve biyomimikrinin mevcut aktif ve deneyimsel öğrenme uygulamalarına, özellikle de problem ve proje tabanlı uygulamalara entegre edilmesi konusunda ilham alabilecekleri bir el kitabıdır. Belge ayrıca, eğitimcilere öğrenciler için biyomimikri etkinlikleri tasarlamada rehberlik eden adımlar sunmaktadır. Biyomimikri veritabanları ve ağları gibi, hem LET's MIMIC projesi tarafından geliştirilen hem de harici kaynaklardan gelen destekleyici dijital kaynakları açıklamaktadır. Belge, biyomimikri yoluyla mesleki eğitim uygulamalarını zenginleştirmek ve öğrencilerin inovasyon ve sürdürülebilirlik becerilerini geliştirmek için değerli bir kaynaktır.



**Co-funded by
the European Union**

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Kaynakça

1. Benyus, J. M. (1997). *Biomimikri: Doğadan ilham alan inovasyon*. Harper Perennial.
2. Bergmann, J. ve Sams, A. (2012). *Sınıfınızı Tersine Çevirin: Her Sınıfta Her Gün Her Öğrenciye Ulaşın*. Uluslararası Eğitim Teknolojileri Derneği (ISTE).
3. Bhushan, B. (2009). *Biyomimetik: Doğadan dersler – Genel bakış*. Kraliyet Topluluğu Felsefi İşlemleri A: Matematik, Fizik ve Mühendislik Bilimleri, 367(1893), 1445–1486.
4. Biyomimikri Enstitüsü (2017). Çevrimiçi adres: <http://biomimicry.org>.
5. Bishop, J. L. ve Verleger, M. A. (2013). *Tersine Dönmüş Sınıf: Bir Araştırma Anketi*. 120. ASEE Yıllık Konferansı ve Sergisi (s. 23.1200.1–23.1200.18). Amerikan Mühendislik Eğitimi Derneği. Çevrimiçi adres: <https://peer.asee.org/22585>.
6. Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). *Proje tabanlı öğrenmeyi motive etmek: Yapmayı sürdürmek, öğrenmeyi desteklemek*. Eğitim Psikoloğu, 26(3-4), 369–398. Çevrimiçi adres: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
7. Bu makale, öğrenci odaklı sorgulamayı, gerçek dünyayla ilgililiğini ve anlamlı projelere sürekli katılımı vurgulayarak PTÖ'nin temel tanımını sunmaktadır.
8. Brown, T. (2009). *Tasarımla Değişim: Tasarım Odaklı Düşünme İş Dünyası ve Toplum için Nasıl Yeni Alternatifler Yaratır?* Harper Business.
9. Buchem, I. ve Hamelmann, H. (2010). Mikro Öğrenme: Sürekli mesleki gelişim için bir strateji. eLearning Papers, 21, 1–15.
10. Deldin, J.-M. ve Schuknecht, M. (2014). *AskNature Veritabanı: Biyomimetik Tasarımda Çözümleri Mümkün Kılmak*. A. K. Goel, D. A. McAdams ve R. B. Stone (Ed.), *Biyolojik İlhamlı Tasarım: Hesaplamalı Yöntemler ve Araçlar* (s. 17–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5248-4_2



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

11. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. ve Nacke, L. (2011). *Oyun tasarım öğelerinden oyunculuğa: "Oyunlaştırma"nın tanımlanması*. 15. Uluslararası Akademik MindTrek Konferansı Bildirileri, 9–15. ACM. Çevrimiçi adres: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>.
12. El-Zeiny, R. M. A. (2012). *İç mimaride bir problem çözme metodolojisi olarak biyomimikri*. Procedia - Sosyal ve Davranış Bilimleri, 50, 502–512.
13. Hmelo-Silver, C. E. (2004). *Problem Temelli Öğrenme: Öğrenciler Neyi ve Nasıl Öğreniyor?* Eğitim Psikolojisi Dergisi, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
14. Hug, T. (2005). Mikro Öğrenme ve Anlatım: "Mikro birimler" ve didaktik mikro öğrenme düzenlemelerinin tasarımı için anlatımların ve hikaye anlatımının kullanım olanaklarının keşfi. 4. Uluslararası Eğitimde Medya Konferansı Bildiriler Kitabı.
15. Jituafua, A. (2024). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM projelerindeki yaratıcılığını geliştirmek için biyomimikri temelli bir mesleki gelişim programı*. Türk Bilim Eğitimi Dergisi, 21(4), 705–722. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1457788.pdf>.
16. Kennedy, E. B., Marting, L., & Bai, Y. (2015). *Biyomimikriye giden yol: Sürdürülebilir çözümler için biyolojik stratejiler bulma sürecini keşfetmek*. Sürdürülebilirlik, 7(1), 566–579.
17. Kolb, D. A. (1984). *Deneyimsel öğrenme: Öğrenme ve gelişimin kaynağı olarak deneyim*. Prentice Hall.
18. LET's MIMIC projesi teknik raporu, *Mesleki Eğitim ve Öğretimde Sürdürülebilirlik Becerileri için Öğrenme Çıktıları Matrisi* (2025). Çevrimiçi adres: <https://letsmimic.eu/project-reports/>.
19. LET's MIMIC proje teknik raporu, *Biyomimikri Süreç Tasarımı için Proje Tabanlı Öğrenme Çerçevesi* (2025). Çevrimiçi adres: <https://letsmimic.eu/project-reports/>.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.

20. Maccioni, S., d'Angella, F., De Carlo, M., & Sfogliarini, B. (2024). *Karmaşık ve Kırılgan Ekosistemlerde Sürdürülebilir Kalkınma için Paydaş Katılımı ve Tetikleyiciler: Alp Trentino Bölgesinden Kanıtlar*. *Sürdürülebilirlik*, 16(22), 9879. <https://doi.org/10.3390/su16229879>
21. Mejía-Villa, A., Cabra, J. F., & Osman, S. (2023). *Biyomimikri ve Yaratıcı Problem Çözme Süreçleri Yoluyla Sürdürülebilirlik Eğitimi*. *Temiz Üretim Dergisi*, 382, 135287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135287>.
22. Oguntona, O., & Aigbavboa, C. (2023). *Yükseköğretimde Öğretim ve Öğrenim için Biyomimikri Dersleri*. M. Makua ve diğerleri (Ed.), *10. Odak Konferansı Bildirileri (TFC 2023)* (s. 125-134). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-134-0_12
23. Pawlyn, M. (2011). *Mimarlıkta Biyomimikri*. RIBA Publishing.
24. Papert, S. (1993). *Mindstorms: Çocuklar, Bilgisayarlar ve Güçlü Fikirler*. Basic Books.
25. Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). *Sorgulamaya Dayalı Öğrenmenin Aşamaları: Tanımlar ve Sorgulama Döngüsü*. *Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
26. Pawlyn, M. (2011). *Mimarlıkta Biyomimikri*. RIBA Yayıncılık.
27. Schunk, D. H. ve Mullen, C. A. (2013). *Mentorluk Araştırmasının Kavramsal Modeline Doğru: Öz Düzenlemeli Öğrenme ile Entegrasyon*. *Eğitim Psikolojisi Dergisi*, 25(3), 361–389. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9233-3>.
28. Thomas, J. W. (2000). *Proje tabanlı öğrenme üzerine araştırmaların gözden geçirilmesi*. The Autodesk Foundation.
29. Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). *Biyomimetik: Uygulaması ve teorisi*. *Kraliyet Topluluğu Arayüz Dergisi*, 3(9), 471–482.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Bununla birlikte, burada ifade edilen görüş ve düşünceler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği'nin veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüşlerden sorumlu tutulamaz.