



## İçindekiler

Etkinlik 1: Rüzgar Gücünden Yararlanma .....	2
Etkinlik 2: Güneş Enerjisinden Yararlanma .....	10
Etkinlik 3: CO2 Ayak İzinin Etkisi ve Azaltma Stratejilerinin Uygulanması.....	18
Etkinlik 1: Su Elektrolizi.....	28
Etkinlik 2: Proton değişim membranlı yakıt hücresi .....	34
Etkinlik 3: Modern bataryalar .....	40
Örnek: Fen Eğitiminde Sürdürülebilir Teknolojiler - Bölüm 2. Proje Tabanlı Öğrenme Yoluyla Öğretim Ünitesi	
TEORİK ARKA PLAN .....	48
Örnek: Biyomimikri Nanofabrikler ve Çevre Endüstrisi Uygulamaları ....	50
Örnek: Atmosferik Su Hasadı .....	56
Örnek: Güneş Enerjili Gıda Kurutucu .....	67



## EGZERSİZ 1: Rüzgar Gücünden Yararlanma

### AÇIKLAMA

Rüzgar enerjisinin inceliklerini keşfetmek, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışımızda büyük önem taşıyor. Bu konuyu derinlemesine inceleyerek, rüzgar gücünden yararlanmanın engin potansiyeli ve temiz enerjinin geleceğini şekillendirmedeki önemli rolü hakkında fikir sahibi oluruz. Rüzgar enerjisinin tarihsel bağlamını, mevcut uygulamalarını ve gelecek projeksiyonlarını anlamak, bizi küresel enerji sorunlarını ele almak ve çevreye daha duyarlı bir dünyayı teşvik etmek için gerekli bilgilerle donatıyor. Bu keşif, gezegenimizle sürdürülebilir ve uyumlu bir ilişki kurmak için teknolojiyi, çevresel hususları ve bilimsel gelişmeleri ilişkilendiren yenilikçi çözümleri benimsemenin önemini altını çizmektedir.

### DİDAKTİK-METODİK YORUM

Rüzgar Gücünden Yararlanma, öğrencilerin yenilenebilir enerji ve çevresel sürdürülebilirlik konularını araştırmaları için ilgi çekici bir platform sunmaktadır. Bu konu, fizik, çevre bilimi ve mühendislik kavramlarını bütünleştiren disiplinler arası bir yaklaşımı teşvik etmektedir. Öğrenciler, rüzgar enerjisi dönüşümünün ardındaki ilkeleri ve rüzgar türbinlerinin tasarımını keşfederek, yenilenebilir enerji sektörünü yönlendiren teknolojik gelişmeler hakkında daha derin bir anlayış geliştirebilirler. Didaktik yaklaşım, teorik öğrenme ve uygulamalı deneylerin bir kombinasyonunu içerir. Öğrenciler, interaktif simülasyonlar ve pratik faaliyetler aracılığıyla rüzgar enerjisinin fiziğini keşfedebilirler. Ayrıca, rüzgar çiftliklerine yapılan saha gezileri veya sanal turlar, rüzgar enerjisinden yararlanmanın pratik uygulamaları hakkında gerçek dünya bağlamı ve içgörü sağlayabilir. Ortak projeler ve grup tartışmaları, öğrenme çıktılarını daha da geliştirerek ekip çalışmasını ve eleştirel düşünme becerilerini teşvik eder. Genel olarak, bu konu öğrencileri, acil çevresel zorlukları ele almak ve sürdürülebilir enerji çözümlerini savunmak için donanımlı, bilgili küresel vatandaşlar haline getirmektedir.

### "RÜZGAR GÜCÜNDEN YARARLANMA" KONUSUNDA STEM ORTAMINDA DENEYSEL ÇALIŞMA İÇİN ÖRNEK KAYNAKLAR:

**Kaynak 1:** Rüzgar Türbini Model Kiti. Rüzgar enerjisi dönüşümünün temel ilkelerini anlamak için küçük ölçekli bir rüzgar türbini modeli oluşturun.

**Kaynak 2:** Rüzgar Hızı Anemometre Kiti Rüzgar hızını ölçmek için bir anemometre cihazı inşa edin ve rüzgar enerjisi potansiyelini değerlendirmedeki rolünü keşfedin.

**Kaynak 3:** Sanal Rüzgar Çiftliği Simülasyon Yazılımı. Türbin yerleşimini anlamak ve enerji üretim stratejilerini optimize etmek için sanal rüzgar çiftliklerini keşfedin.



## STEM ÖĞRENME ORTAMINDAKİ PROJE FAALİYETLERİNE YÖNELİK KONUyla İLGİLİ ÖRNEK ARAŞTIRMA SORULARI

1. Rüzgar türbini tasarımları farklı rüzgar koşulları ve enerji çıkışı gereksinimleri için nasıl değişir?
2. Kıyı ve açık deniz rüzgar santrallerinin kurulumu ve işletilmesi ile ilgili çevresel etkiler nelerdir? Rüzgar enerjisinin enerji şebekesine entegrasyonu genel şebeke istikrarını ve güvenilirliğini nasıl etkiler?
4. Geleneksel fosil yakıt bazlı enerji santrallerine kıyasla rüzgar enerjisi projelerinin geliştirilmesi ve sürdürülmesindeki ekonomik hususlar nelerdir?
5. Malzeme bilimindeki ilerlemeler daha verimli ve dayanıklı rüzgar türbini bileşenlerinin geliştirilmesine nasıl katkıda bulunur?
6. Yerel yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmede topluma ait rüzgar enerjisi projeleri için zorluklar ve fırsatlar nelerdir?
7. Rüzgar enerjisi, hibrit enerji sistemleri oluşturmak için güneş ve hidroelektrik enerji gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla nasıl birleştirilebilir?
8. İklim değişikliğinin gelecekteki rüzgar modelleri ve rüzgar enerjisi üretimi üzerindeki potansiyel etkileri nelerdir?
9. Rüzgar enerjisi teknolojileri, geleneksel enerji kaynaklarına sınırlı erişimi olan gelişmekte olan ülkelerde ve uzak bölgelerde kullanılmak üzere nasıl uyarlanabilir ve ölçeklendirilebilir?
10. Rüzgar enerjisinin yaygın olarak benimsenmesini teşvik etmek ve düşük karbonlu bir enerji geleceğine geçişi hızlandırmak için hangi politikalar ve düzenlemeler gereklidir?

**Kaynak 1**

## RÜZGAR TÜRBİNİ MODEL KİTİ

### ÖĞRENME KAYNAĞI HAKKINDA KISA BİLGİ



<b>Konular</b>	Kimya, Fizik, Biyoloji, Bilgi Teknolojileri
<b>Yaş</b>	Öğrenciler
<b>Uygulama için zaman</b>	2 saat

Bu öğrenme kaynağı, öğrencilerin rüzgar enerjisi prensiplerini ve rüzgar türbinlerinin işlevselliğini anlamalarına yardımcı olmak için tasarlanmış uygulamalı bir eğitim kitidir. Kit, öğrencilerin kendi çalışan rüzgar türbini modellerini inşa etmeleri için gerekli tüm malzemeleri ve talimatları içermektedir. Montaj ve deneyler yoluyla öğrenciler bir rüzgar türbininin bileşenlerini, rüzgar enerjisinin elektriğe nasıl dönüştürüldüğünü ve türbin performansını etkileyen faktörleri öğreneceklerdir. Kit, öğrencilerin yenilenebilir enerji kavramlarını keşfetmeleri ve STEM konularında pratik deneyim kazanmaları için ilgi çekici ve etkileşimli bir yol sağlar.

## GİRİŞ VE TEORİK TEMEL

Rüzgar Türbini Model Kitine giriş, öğrencilere yenilenebilir bir kaynak olarak rüzgar enerjisinin önemi ve sürdürülebilir enerji üretimindeki rolü hakkında genel bir bakış sağlar. Öğrenciler, temiz enerji alternatiflerine yönelik artan küresel talep ve iklim değişikliğini hafifletmek ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak için rüzgar gücünden yararlanmanın önemi hakkında bilgi edineceklerdir. Aerodinamik, rotor tasarımı ve elektrik üretimi dahil olmak üzere rüzgar enerjisi dönüşümü ile ilgili teorik kavramlar, rüzgar türbinlerinin nasıl çalıştığını anlamak için zemin hazırlamak üzere tanıtılmaktadır. Öğrenciler, rüzgar enerjisinin teorik temellerini inceleyerek, yenilenebilir enerji teknolojilerinin arkasındaki bilimsel ilkeler ve bunların çevresel zorlukları ele alma potansiyeli hakkında daha derin bir takdir geliştireceklerdir.

## DENEYİN YÜRÜTÜLMESİ İÇİN GEREKÇE

Rüzgar Türbini Model Kiti deney dersi, öğrencilere rüzgar enerjisi üretiminin pratik yönlerini ve gerçek dünya senaryolarındaki uygulamalarını keşfetmeleri için uygulamalı bir fırsat sunmaktadır. Öğrenciler bu deneye katılarak rüzgar türbini teknolojisinin altında yatan temel ilkeleri ve sürdürülebilir enerji üretimindeki rolünü daha iyi anlayabilirler. Pratik deneyler sayesinde öğrenciler kanat tasarımı, rüzgar hızı ve türbin yerleşimi gibi rüzgar türbini performansını etkileyen çeşitli faktörleri araştırarak ve bunların elektrik üretimi üzerindeki etkilerini analiz edeceklerdir. Bu deney aynı zamanda öğrenciler verileri değerlendirirken, sonuçlar çıkarırken ve rüzgar türbini verimliliğini optimize etmek için çözümler önerirken eleştirel düşünme becerilerini de geliştirmektedir. Nihayetinde, öğrenciler bu deneyi gerçekleştirerek rüzgar enerjisinden yararlanmanın zorlukları ve fırsatları ile bunun küresel enerji ihtiyaçlarının karşılanması üzerindeki etkileri hakkında kapsamlı bir anlayış geliştireceklerdir.



## YÜRÜTÜLECEK ARAŞTIRMA GÖREVLERİ

**1.Kanat Tasarımı Deneyi:** Öğrenciler, farklı kanat şekillerine ve boyutlarına sahip rüzgar türbini modelleri inşa ederek farklı kanat tasarımlarının rüzgar türbini performansı üzerindeki etkisini araştıracaklardır. En verimli kanat konfigürasyonunu belirlemek için kontrollü rüzgar koşulları altında her bir türbin tasarımının dönüş hızını ve güç çıkışını ölçeceklerdir.

**2. Rüzgar Hızı Analizi:** Öğrenciler, farklı rüzgar hızlarında rüzgar türbini modelinin güç çıkışını kaydederek rüzgar hızı ve elektrik üretimi arasındaki ilişkiyi analiz edeceklerdir. Rüzgar hızını ölçmek için bir anemometre kullanacaklar ve rüzgar hızındaki değişikliklerin türbin performansını nasıl etkilediğini gözlemleyeceklerdir.

**3. Türbin Yerleşim Çalışması:** Öğrenciler, rüzgar türbini modelini simüle edilmiş bir rüzgar kaynağına göre farklı konumlara yerleştirerek türbin yerleşiminin enerji üretimi üzerindeki etkisini keşfedeceklerdir. Enerji yakalamayı en üst düzeye çıkarmak için en uygun yerleşimi belirlemek üzere çeşitli konumlara yerleştirildiğinde türbinin güç çıkışını ölçecek ve karşılaştıracaklardır. **4. Yük Değişimi Deneyi:** Öğrenciler, türbin çıkışına farklı dirençli yükler bağlayarak değişen elektrik yüklerinin rüzgar türbini performansı üzerindeki etkisini araştıracaklardır. Güç çıkışını hesaplamak ve elektrik yükündeki değişikliklerin türbin çalışmasını nasıl etkilediğini analiz etmek için yük direnci boyunca voltaj ve akımı ölçeceklerdir.

**Hipotez:** Kanat açılarını ayarlama ve türbin yerleşimini optimize etme gibi enerji tasarrufu stratejilerini uyguladıkça, enerji tüketiminde ve buna bağlı olarak CO2 emisyonlarında bir azalma meydana gelecektir.

## ARAŞTIRMACI DENEY

### DENEY 1: FARKLI KANAT TASARIMLARININ RÜZGAR TÜRBİNİ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

#### Gerekli malzemeler:

- Değiştirilebilir kanatlı rüzgar türbini model kiti
- Anemometre
- Veri kaydedici veya kayıt cihazı
- Kronometre veya zamanlayıcı

Gözlemleri kaydetmek için not defteri / elektronik tablo



#### Prosedür:

1. Rüzgar türbini model kitini sürekli rüzgar akışı olan bir yere kurun.
2. Türbine bir kanat tipi takarak başlayın ve güvenli bir şekilde sabitlendiğinden emin olun.
3. Türbin konumundaki rüzgar hızını ölçmek için anemometreyi kullanın. 4. Türbini çalıştırın ve veri kaydediciyi kullanarak belirli bir süre boyunca üretilen elektriği kaydedin.
5. Kite bulunan her bir kanat tipi için 2-4 arasındaki adımları tekrarlayın.
6. Her bir kanat tasarımı için elektrik üretim verilerini karşılaştırın ve performans farklılıklarını analiz edin.
7. Gözlemlerinizi ve bulgularınızı not defterine / elektronik tabloya kaydedin.

### DENEY 2: RÜZGAR HIZI VE ELEKTRİK ÜRETİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ

#### Gerekli malzemeler:

- Rüzgar türbini model kiti
- Anemometre
- Veri kaydedici veya kayıt cihazı
- Kronometre veya zamanlayıcı
- Gözlemleri kaydetmek için not defteri / elektronik tablo

#### Prosedür:

1. Rüzgar türbini model kitini farklı rüzgar hızlarına sahip bir alana kurun.
2. Düzenli aralıklarla rüzgar hızını ölçmek için anemometreyi kullanın.
3. Türbini çalıştırın ve veri kaydediciyi kullanarak her aralıkta üretilen elektriği kaydedin.
4. Rüzgar hızı ve elektrik üretimi arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik çizin.
5. Rüzgar hızı ve elektrik üretimi arasındaki herhangi bir örüntü veya korelasyonu belirlemek için verileri analiz edin.



6. Gözlemlerinizi ve sonuçlarınızı not defterine / elektronik tabloya kaydedin.

### DENEY 3: TÜRBİN YERLEŞİMİNİN ENERJİ ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

#### **Gerekli malzemeler:**

- Rüzgar türbini model kiti
- Değişken rüzgar koşullarına sahip açık alan
- Anemometre
- Veri kaydedici veya kayıt cihazı
- Kronometre veya zamanlayıcı
- Gözlemleri kaydetmek için not defteri / elektronik tablo

#### **Prosedür:**

1. Rüzgar türbini model kitini farklı yerlere kurun ve bina veya ağaç gibi engellere olan mesafeyi değiştirin.
2. Her bir konumdaki rüzgar hızını ölçmek için anemometreyi kullanın.
3. Türbini çalıştırın ve veri kaydediciyi kullanarak belirli bir süre boyunca üretilen elektriği kaydedin.
4. Her bir konum için elektrik üretim verilerini karşılaştırın ve türbin yerleşiminin enerji üretimi üzerindeki etkisini analiz edin.
5. Gözlemlerinizi ve sonuçlarınızı not defterine / elektronik tabloya kaydedin.

### DENEY 4: DEĞİŞKEN ELEKTRİK YÜKLERİNİN RÜZGAR TÜRBİNİ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

#### **Gerekli malzemeler:**

- Rüzgar türbini model kiti
- Dirençler veya değişken dirençli diğer elektrik yükleri
- Voltmetre
- Veri kaydedici veya kayıt cihazı



- Kronometre veya zamanlayıcı
- Gözlemleri kaydetmek için not defteri / elektronik tablo

#### Prosedür:

1. Rüzgar türbini model kitini kurun ve direnç gibi dirençli bir yüke bağlayın.
2. Voltmetreyi kullanarak türbinin voltaj çıkışını ölçün.
3. Gerekliğinde direnci ayarlayarak her bir elektrik yükü seviyesi için voltaj çıkışını kaydedin.
4. Türbini çalıştırın ve veri kaydediciyi kullanarak belirli bir süre boyunca üretilen elektriği kaydedin.
5. Gerilim çıkışı ve güç üretimi gibi faktörleri göz önünde bulundurarak elektrik yükü ve türbin performansı arasındaki ilişkiyi analiz edin.
6. Gözlemlerinizi ve sonuçlarınızı not defterine / elektronik tabloya kaydedin.

#### REFERANSLAR

- Bossanyi, E. (2003). Wind turbine technology: Principles and design. Oxford University Press.
- Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., & Bossanyi, E. (2011). Wind energy handbook. John Wiley & Sons.
- Chiras, D. (2009). Wind power basics: A green energy guide. New Society Publishers.
- El-Sharkawi, M. A. (2017). Wind energy: An introduction. CRC Press.
- Gipe, P. (2009). Wind power: Renewable energy for home, farm, and business. Chelsea Green Publishing.
- [https://www.mozaweb.bg/en/Extra-3D\\_scenes-Wind\\_power\\_station-9964](https://www.mozaweb.bg/en/Extra-3D_scenes-Wind_power_station-9964)
- [https://www.mozaweb.bg/en/Extra-3D\\_scenes-Windmill-8071](https://www.mozaweb.bg/en/Extra-3D_scenes-Windmill-8071)
- <https://www.mozaweb.bg/en/Microcurriculum-361843>
- <https://www.mozaweb.bg/en/Microcurriculum-364387>
- <https://www.mozaweb.bg/en/Microcurriculum-583045>





Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2009). Wind energy explained: Theory, design and application. John Wiley & Sons.

Nelson, V. (2019). Wind energy: Renewable energy and the environment. CRC Press.

## EGZERSİZ 2: Güneş Enerjisinden Yararlanma

### AÇIKLAMA

Güneşin gücünden yararlanma söz konusu olduğunda, güneş enerjisinin kullanımı sürdürülebilir inovasyonun bir işareti olarak durmaktadır. Güneşin yaydığı ışık ve ısıdan elde edilen güneş enerjisi, daha temiz ve daha yeşil bir geleceğin anahtarını elinde tutan yenilenebilir ve bol miktarda güç kaynağı sunmaktadır. Fotovoltaik hücreler veya güneş panelleri kullanılarak güneş ışığı elektriğe dönüştürülür veya doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanılır, bu da onu çok çeşitli uygulamalar için paha biçilmez bir kaynak haline getirir. Güneş enerjisinden yararlanmaya odaklanan bu eğitim çalışmasında öğrenciler, güneş teknolojisinin temel ilkelerini ve dönüştürücü potansiyelini keşfetmeye davet edilmektedir. Solar fotovoltaik, solar termal sistemler ve güneş enerjisiyle çalışan cihazlar gibi konuları inceleyerek, öğrenciler güneş enerjisi dönüşümünün mekaniği ve çeşitli sektörlerdeki pratik uygulamaları hakkında fikir sahibi olurlar.

### DİDAKTİK-METODİK YORUM



Uygulamalı etkinlikler, deneyler ve araştırma projeleri aracılığıyla öğrenciler, güneş enerjisi kullanımıyla ilişkili çevresel faydaları, ekonomik uygulanabilirliği ve teknolojik gelişmeleri araştırmak için güçlendirilir. Güneş panellerinin verimliliğini analiz etmekten gerçek dünyadaki zorluklar için güneş enerjisiyle çalışan çözümler tasarlamaya kadar, öğrenciler eleştirel düşünmeye, yaratıcı bir şekilde problem çözmeye ve güneş enerjisinin sunduğu geniş olanakları keşfederken etkili bir şekilde işbirliği yapmaya teşvik edilir. Öğrenciler bu eğitim yolculuğuna katıldıkça, sadece bilimsel bilgilerini ve teknik becerilerini geliştirmekle kalmıyor, aynı zamanda sürdürülebilir yaşam ve çevre yönetimi konusunda daha derin bir takdir geliştiriyorlar. Öğrenciler, güneş enerjisinin gücünden yararlanarak, gelecek nesiller için daha sürdürülebilir ve dirençli bir geleceğe doğru geçişi ilerleten değişim ajanları haline gelirler.

### "GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA" KONUSUNDA STEM ORTAMINDA DENEYSEL ÇALIŞMA İÇİN ÖRNEK KAYNAKLAR:

**Kaynak 1:** Güneş Fotovoltaik Hücreleri - Elektrik Üretimi için Güneş Işığından Yararlanma. Güneş Panellerinin Prensiplerini ve İşlevselliğini Anlamak.

**Kaynak 2:** Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri - Evsel ve Endüstriyel Uygulamalar için Güneş Enerjili Termal Teknolojilerin Keşfedilmesi. Güneş Enerjili Su Isıtıcılarının Verimliliğinin Belirlenmesi.

**Kaynak 3:** Güneş Enerjili Cihazlar - Güneş Enerjili Şarj Cihazları, Işıklar ve Aletlerin Tasarımı ve Yapımı. Güneş Enerjisinin Günlük Yaşamdaki Pratik Uygulamalarının Araştırılması.

### STEM YAKLAŞIMI İLE PROJE FAALİYETLERİNE YÖNELİK KONUYA UYGUN ÖRNEK ARAŞTIRMA SORULARI

1. Bir güneş fotovoltaik hücresinin temel bileşenleri nelerdir ve güneş ışığını elektriğe dönüştürmek için nasıl birlikte çalışırlar?
2. Güneş panellerinin verimliliği eğim açısı, yönlendirme ve gölgelendirme gibi faktörlere bağlı olarak nasıl değişir?
3. Geleneksel su ısıtma yöntemlerine kıyasla güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin avantajları ve sınırlamaları nelerdir?
4. Uzaktan sensörler, sokak lambaları ve iletişim cihazları gibi şebekeden bağımsız uygulamalara güç sağlamak için güneş enerjisinden nasıl faydalanılabilir?
5. Güneş enerjisi sistemlerini konut ve ticari binalara entegre etmenin ekonomik ve çevresel faydaları nelerdir?
6. Coğrafi konum ve iklim koşulları güneş enerjisi kullanımının fizibilitesini ve etkinliğini nasıl etkiler?
7. Güneş enerjisi teknolojisindeki en son gelişmeler nelerdir ve bunlar güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve satın alınabilirliğini artırmaya nasıl katkıda bulunur?



8. Sulama, mahsul kurutma ve hayvancılık yönetimi gibi tarımsal amaçlar için güneş enerjisinden nasıl faydalanılabilir?
9. Güneş enerjisi depolama ve şebeke entegrasyonu ile ilgili zorluklar nelerdir ve bu zorlukların üstesinden gelmek için hangi yenilikçi çözümler geliştirilmektedir?
10. Bireyler ve topluluklar güneş enerjisi teknolojilerinin yaygın olarak benimsenmesini teşvik edecek politikalar ve teşvikler için nasıl savunma yolları geliştirebilirler?

#### Kaynak 1

### GÜNEŞ FOTOVOLTAİK HÜCRELERİ

#### ÖĞRENME KAYNAĞI HAKKINDA KISA BİLGİ

Konular	Kimya, Fizik, Biyoloji, Bilgi Teknolojileri
Yaş	Öğrenciler
Araştırma için zaman	2 saat

"Güneş Fotovoltaik Hücreleri" alt başlığında öğrenciler, çalışan malzemeleri kullanarak güneş hücrelerinin olası işlevlerini ve yapısal bileşimini araştırırlar. Bu uzamsal koordinatların halihazırda bulunduğu yarı iletken diziler, tipik olarak internetteki veri tabanlarında yayınlanmaktadır. Buradan öğrenciler bunları kendi bilgisayarlarına indirebilir ve 3D modeller olarak görselleştirebilirler. Güneş



fotovoltaik hücreleri örneğini kullanarak, bu hücrelerin yapısını ve işleyişini anlamak için 3D modellerin nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda ayrıca, silikon bazlı güneş pilleri ve alternatif malzemeler gibi güneş panellerinde kullanılan çeşitli yarı iletken malzemelerin araştırılması da ele alınmaktadır.

## GİRİŞ VE TEORİK TEMEL

Güneş fotovoltaik hücreleri, güneş ışığının yakalanması ve elektriğe dönüştürülmesinde çeşitli temel işlevleri yerine getirmektedir. Bu nedenle, kimya konusu için özel bir öneme sahiptirler ve fotovoltaik cihazlar olarak fizik konusu için de uygundur. Öğrencilerin güneş pillerinin bileşimini ve bazı özelliklerini doğrulamak için araştırma deneyleri yapmaları gerekmektedir. Güneş pillerinin biyosentezi derinlemesine incelenebilir.

## DENEYİN YÜRÜTÜLMESİ İÇİN GEREKÇE

Öğrenciler bu materyali güneş pilleri hakkında temel bilgileri geliştirmek için kullanırlar. Bunu yapmak için, önce güneş pillerinin olası işlevlerini açık bir şekilde derlerler. Daha sonra, tek tek fotovoltaik hücrelerin yapısı, bağlantıları ve güneş hücresi kalıntılarının uzamsal düzenlemesi ile ilgilenirler. Fotovoltaik hücreler güneş panellerinin yapı taşlarıdır, ancak güneş enerjisi sisteminde başka birçok işlevleri de vardır. Bazı fotovoltaik hücreler temeldir, yani çevreden elde edilmeleri gerekirken, diğerleri vücudun kendisi tarafından üretilebilir. İstenirse konu güneş hücresi biyosentezi veya güneş hücresi modifikasyonları yönünde derinleştirilebilir veya güneş hücresi veri tabanına giriş yapılabilir.

## YÜRÜTÜLECEK ARAŞTIRMA GÖREVLERİ

1. Güneş pilinden farklı mesafelere yerleştirilmiş bir ışık kaynağı (lambda gibi) kullanarak değişen ışık yoğunluğunun güneş fotovoltaik hücrelerinin elektrik çıkışı üzerindeki etkisini araştırın. Her ışık yoğunluğu seviyesinde güneş pili tarafından üretilen voltaj ve akımı ölçün ve kaydedin.
2. Güneş pilini sırasıyla bir ısı kaynağı veya buz torbası kullanarak ısıtarak veya soğutarak sıcaklığın güneş fotovoltaik hücrelerinin verimliliği üzerindeki etkisini araştırın. Farklı sıcaklık seviyelerinde güneş pilinin elektrik çıkışını ölçün ve karşılaştırın.
3. Çeşitli yarı iletken malzemeler (silikon, galyum arsenit veya kadmiyum tellür gibi) kullanarak güneş pilleri inşa ederek farklı malzemelerin güneş fotovoltaik hücrelerinin performansı üzerindeki etkisini analiz edin. Her bir güneş pili malzemesinin elektrik çıkışını ve verimliliğini karşılaştırın.
4. Güneş panelini gelen güneş ışığına göre farklı açılarda eğerek güneş fotovoltaik hücrelerinin açı bağımlılığını araştırın. Maksimum enerji üretimi için en uygun yönü belirlemek üzere güneş panelinin elektrik çıkışını çeşitli eğim açılarında ölçün ve karşılaştırın.



**Hipotez:** Güneş fotovoltaik hücrelerinin bileşimi ve özellikleri, ışık yoğunluğu, sıcaklık ve hücre yapımında kullanılan malzeme özellikleri gibi çeşitli parametrelerin etkisi deneysel olarak belirlenebilir.

## ARAŞTIRMA DENEYİ

### DENEY 1: DEĞİŞEN IŞIK YOĞUNLUĞUNUN GÜNEŞ FOTOVOLTAİK HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

#### Gerekli malzemeler:

- Güneş fotovoltaik hücresi
- Işık kaynağı (lamba)
- Işık yoğunluğu ölçer veya lüksmetre
- Multimetre

#### Prosedür:

1. Güneş fotovoltaik hücresini elektrik prizlerine erişimi olan iyi aydınlatılmış bir alana kurun.
2. Işık kaynağını (lamba) güneş pilinden sabit bir mesafeye yerleştirin.
3. Bir multimetre kullanarak güneş pilinin ilk voltajını ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
4. Işık kaynağını açın ve ışık yoğunluğu ölçer veya lüks metre kullanarak yoğunluğunu (parlaklığını) önceden belirlenmiş bir seviyeye ayarlayın.
5. Güneş pilinin belirli bir süre (örneğin 5 dakika) ışık kaynağına maruz kalmasına izin verin.
6. Maruz kalma süresinden sonra, multimetreyi kullanarak güneş pilinin voltaj ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
7. Işık kaynağının parlaklığını ayarlayarak farklı ışık yoğunluğu seviyeleri için 4-6 adımlarını tekrarlayın.
8. Işık yoğunluğu ile güneş pilinin elektrik çıkışı arasındaki ilişkiyi gözlemlemek için verileri analiz edin.

### DENEY 2: SICAKLIĞIN GÜNEŞ FOTOVOLTAİK HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI



#### Gerekli malzemeler:

- Güneş fotovoltaik hücresi
  - Isı kaynağı (örn. lamba veya saç kurutma makinesi) veya buz torbası
  - Sıcaklık sensörü veya termometre
  - Multimetre

#### Prosedür:

1. Güneş fotovoltaik hücresini elektrik prizlerine erişimi olan kontrollü bir ortamda kurun.
2. Bir multimetre kullanarak güneş pilinin ilk voltaj ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
3. Isının etkisini araştırıyorsanız, ısı kaynağını (lamba veya saç kurutma makinesi) açın ve güneş pilinden sabit bir mesafede konumlandırın. Soğukun etkisini araştırıyorsanız, sıcaklığını düşürmek için güneş piline bir buz torbası uygulayın.
4. Güneş pilinin belirli bir süre boyunca (örneğin 5 dakika) ısı kaynağına veya buz torbasına maruz kalmasına izin verin.
5. Maruz kalma süresi boyunca, bir sıcaklık sensörü veya termometre kullanarak güneş pilinin sıcaklığını sürekli olarak izleyin.
6. Maruz kalma süresinden sonra, multimetreyi kullanarak güneş pilinin voltaj ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
7. Farklı sıcaklık seviyeleri için 3-6 adımlarını tekrarlayın.
8. Sıcaklık ve güneş pilinin elektrik çıkışı arasındaki ilişkiyi gözlemlemek için verileri analiz edin.

#### DENEY 3: FARKLI MALZEMELERİN GÜNEŞ FOTOVOLTAİK HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ANALİZİ



#### Gerekli malzemeler:

- Fotovoltaik hücresi
- Çeşitli yarı iletken malzemeler (örn. silikon, galyum arsenit, kadmiyum tellür)
- Multimetre
- Işık kaynağı (lamba)

#### Prosedür:

1. Yerleşik protokollere veya üretici talimatlarına göre farklı yarı iletken malzemeler (ör. silikon, galyum arsenit, kadmiyum tellür) kullanarak güneş pilleri oluşturun.
2. Tutarlılık için tüm güneş pillerinin aynı boyutta ve konfigürasyonda olduğundan emin olun.
3. Her bir güneş hücresini elektrik prizlerine erişimi olan kontrollü bir ortam kurun.
4. Bir multimetre kullanarak her bir güneş pilinin ilk voltaj ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
5. Bir lamba veya başka bir ışık kaynağı kullanarak tüm güneş pillerini aynı ışık yoğunluğu seviyesine maruz bırakın.
6. Güneş pillerinin belirli bir süre boyunca (örneğin 5 dakika) ışık kaynağına maruz kalmasına izin verin.
7. Maruz kalma süresinden sonra, multimetreyi kullanarak her bir güneş hücresinin voltaj ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
8. Her bir güneş pili malzemesinin elektrik çıkışını ve verimliliğini karşılaştırın.
9. Farklı yarı iletken malzemelerin güneş fotovoltaik hücrelerinin performansı üzerindeki etkisini gözlemlemek için verileri analiz edin.

#### DENEY 4: GÜNEŞ FOTOVOLTAİK HÜCRELERİNİN AÇI BAĞIMLILIĞININ ARAŞTIRILMASI

#### Gerekli malzemeler:

- Güneş paneli
- Ayarlanabilir montaj standı veya desteği
- Işık kaynağı (örn. lamba)
- Multimetre

#### Prosedür:



1. Güneş panelini elektrik prizlerine erişimi olan iyi aydınlatılmış bir alanda ayarlanabilir bir montaj standı veya destek üzerine kurun.
2. Güneş panelinin açısını gelen güneş ışığına göre çeşitli eğim açlarına (örn. 0°, 30°, 60°) ayarlayın.
3. Bir multimetre kullanarak güneş panelinin ilk voltaj ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
4. Işık kaynağını (lamba) açın ve güneş panelinden sabit bir mesafede konumlandırın.
5. Güneş panelinin belirli bir süre boyunca (örneğin 5 dakika) ışık kaynağına maruz kalmasına izin verin.
6. Maruz kalma süresi boyunca güneş panelini önceden belirlenmiş eğim açısında tutun.
7. Maruz kalma süresinden sonra, multimetreyi kullanarak güneş panelinin voltaj ve akım çıkışını ölçün ve kaydedin.
8. Farklı eğim açıları için 2-7 adımlarını tekrarlayın.
9. Maksimum enerji üretimi için en uygun eğim açısını belirlemek üzere verileri analiz edin.

#### REFERANSLAR:

Anderson, T. M. (Ed.). (2017). Solar Cell Efficiency: A Comprehensive Guide. Springer.

[https://www.mozaweb.bg/en/Extra-3D\\_scenes-How\\_does\\_it\\_work\\_Photovoltaic\\_solar\\_panel\\_solar\\_thermal\\_collector-146845](https://www.mozaweb.bg/en/Extra-3D_scenes-How_does_it_work_Photovoltaic_solar_panel_solar_thermal_collector-146845)

<https://www.mozaweb.bg/en/Microcurriculum-364681>

<https://www.mozaweb.bg/en/Microcurriculum-583045>

Huang, J., & Fu, L. (2020). Advances in Photovoltaics: Part 1. Elsevier.

Johnson, J. D., & Smith, A. B. (2019). Solar Energy: Principles and Applications. Wiley.

Jones, S. R., & Brown, K. L. (2019). Solar Power Engineering: Processes and Systems. CRC Press.

Miller, G. H. (2017). Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press.

Smith, C. R., & Jones, E. F. (2018). Introduction to Renewable Energy Technologies. Cambridge University Press.

Taylor, R., & Thompson, L. (2020). Photovoltaic Solar Energy Conversion: Basic Principles, Technologies, and Systems. CRC Press.

Wang, Y., & Huang, C. (Eds.). (2018). Solar Cell and Renewable Energy Experiments. Springer.





## EGZERSİZ 3: CO2 Ayak İzinin Etkisi ve Azaltma Stratejilerinin Uygulanması

### AÇIKLAMA

Bu derste öğrenciler, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarının çevre üzerindeki etkisine ilişkin anlayışlarını derinleştirmek ve karbon ayak izlerini azaltmak için pratik önlemleri keşfetmek üzere bir yolculuğa çıkacaklar. İlgi çekici tartışmalar ve interaktif etkinlikler aracılığıyla öğrenciler, CO<sub>2</sub> emisyonlarının küresel ısınma ve çevresel bozulmayı tetiklemedeki rolüne odaklanarak insan faaliyetleri ile iklim değişikliği arasındaki bağlantıyı ortaya çıkaracaklar. Ulaşım, enerji tüketimi ve endüstriyel süreçler dahil olmak üzere çeşitli karbon emisyonu kaynakları hakkında bilgi edinecek ve bireysel eylemlerin kolektif karbon ayak izine nasıl katkıda bulunduğuna dair içgörü kazanacaklar. Ayrıca öğrenciler, çevresel hesap verebilirlik ve sürdürülebilirlik yolunda hayati bir adım olarak karbon ayak izinin ölçülmesinin önemini araştıracaklardır. Karbon emisyonlarını hesaplamak için kullanılan, çevrimiçi hesaplayıcılardan daha kapsamlı yaşam döngüsü değerlendirmelerine kadar farklı yöntem ve araçları keşfedecekler. Öğrenciler, kendi karbon ayak izlerini ölçme konusunda pratik deneyim kazanarak, çevresel etkileri ve emisyonları azaltmak için bilinçli seçimler yapmanın önemi konusunda daha derin bir farkındalık geliştireceklerdir. Bu keşif sayesinde öğrenciler, iklim değişikliğini hafifletmek ve daha sürdürülebilir bir geleceği teşvik etmek için anlamlı eylemlerde bulunma konusunda güçlenecektir.

### DİDAKTİK-METODİK YORUM



Bu ders boyunca, öğrenciler arasında aktif katılımı ve eleştirel düşünmeyi teşvik etmek için öğrenci merkezli bir yaklaşım kullanılacaktır. Grup tartışmaları ve problem çözme görevleri gibi işbirliğine dayalı öğrenme faaliyetleri, öğrencileri fikir alışverişinde bulunmaya, bakış açılarını paylaşmaya ve karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik çözümleri birlikte keşfetmeye teşvik edecektir. Ayrıca, uygulamalı deneyler ve interaktif gösteriler, öğrencilere karbon ayak izi ölçümü ve azaltma stratejileri konusundaki anlayışlarını derinleştirmek için somut deneyimler sağlayacaktır. Ayrıca, videolar, infografikler ve interaktif simülasyonlar da dahil olmak üzere multimedya kaynaklarının entegrasyonu, farklı öğrenme stillerine hitap edecek ve karmaşık çevresel kavramların anlaşılmasını artıracaktır. Sorgulamaya dayalı öğrenme yöntemlerini ve gerçek dünya uygulamalarını bir araya getiren bu ders, öğrencileri kendi toplumlarında çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden değişim ajanları haline getirmeyi amaçlamaktadır.

### "CO2 AYAK İZİNİN ETKİSİ VE AZALTMA STRATEJİLERİNİN UYGULANMASI" KONUSUNDA STEM ORTAMINDA DENEYSEL ÇALIŞMA İÇİN ÖRNEK KAYNAKLAR:

**Kaynak 1:** STEM Araçları ile Enerji Verimliliği ve CO2 Emisyonlarının İzlenmesi: Öğrencilere, akıllı telefonlara veya tabletlere bağlanabilen CO2 sensörleriyle donatılmış enerji sayaçları veya çevre sensörleri gibi STEM araçları sağlayın. Öğrenciler bu araçları kullanarak okullarının veya evlerinin sınıflar, laboratuvarlar veya ortak alanlar gibi farklı alanlarındaki enerji tüketimini ve CO2 emisyonlarını eş zamanlı olarak ölçebilirler. CO2 emisyonlarının yanı sıra enerji verilerini toplayıp analiz ederek öğrenciler çevresel etkilerini kapsamlı bir şekilde anlayabilir ve hem enerji kullanımını hem de karbon emisyonlarını azaltma fırsatlarını belirleyebilirler.

**Kaynak 2:** Karbon Ayak İzi Takip Uygulaması: Öğrencilere karbon ayak izini takip etmek için tasarlanmış akıllı telefon uygulamalarını tanıtır. "Capture" veya "Footprint" gibi uygulamalar, kullanıcıların karbon emisyonlarını hesaplamak için ulaşım, enerji tüketimi ve gıda seçimleri dahil olmak üzere günlük faaliyetlerini girmelerine olanak tanır. Öğrenciler bu uygulamaları zaman içinde karbon ayak izlerini izlemek, azaltma hedefleri belirlemek ve çevresel etkilerini en aza indirmenin yollarını keşfetmek için kullanabilirler.

**Kaynak 3:** Sürdürülebilir Ulaşım Mücadelesi: Akıllı telefon uygulamaları ve GPS izleme araçlarını kullanarak öğrencileri sürdürülebilir bir ulaşım mücadelesine dahil edin. Öğrenciler "Strava" veya "Google Maps" gibi uygulamaları kullanarak günlük işe gidip gelme rotalarını ve yürüme, bisiklete binme, araba paylaşımı veya toplu taşıma kullanma gibi ulaşım türlerini takip edebilirler. Veri toplama ve analiz yoluyla öğrenciler, farklı ulaşım seçenekleriyle ilişkili karbon emisyonlarını karşılaştırabilir ve okullarında veya topluluklarında sürdürülebilir işe gidip gelme uygulamalarını teşvik ederek karbon ayak izlerini azaltmanın yollarını keşfedebilirler.



## STEM ORTAMINDAKİ PROJE FAALİYETLERİNE YÖNELİK KONUyla İLGİLİ ÖRNEK ARAŞTIRMA SORULARI

1. Üniversitemizdeki veya evimizdeki CO2 emisyonlarının başlıca kaynakları nelerdir ve bunlar enerji kullanım modelleriyle nasıl ilişkilidir?
2. Sıcaklıktaki değişiklikler iç ortamlardaki enerji tüketimini ve CO2 emisyonlarını nasıl etkiler ve ısıtma ve soğutma sistemlerini optimize etmek için hangi stratejiler uygulanabilir?
3. Aydınlatma seçeneklerinin (örn. akkor, floresan, LED) enerji kullanımı ve CO2 emisyonları üzerindeki etkisi nedir ve aydınlatma verimliliği nasıl iyileştirilebilir?
4. Işıkları kapatmak ve elektronik cihazların fişini çekmek gibi enerji tasarrufu davranışları zaman içinde genel enerji tüketimini ve CO2 emisyonlarını nasıl etkiler?
5. Hafta içi ve hafta sonu arasında enerji tüketimi ve CO2 emisyonları açısından ne gibi farklılıklar vardır ve enerji tasarrufu uygulamaları bu farklılıklara göre nasıl uyarlanabilir?
6. Ulaşım tercihleri genel CO2 emisyonlarını nasıl etkiler ve okulumuzda veya topluluğumuzda sürdürülebilir ulaşım uygulamalarını teşvik etmek için hangi alternatifler mevcuttur?
7. Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak ve CO2 emisyonlarını azaltmak için güneş panelleri veya rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynakları okulumuza veya evimize nasıl entegre edilebilir?
8. Veri görselleştirme ve analizi, enerji kullanımı ve CO2 emisyonları hakkında farkındalık yaratmada ve sürdürülebilirliğe yönelik davranış değişikliğini motive etmede nasıl bir rol oynayabilir?
9. Enerji tüketimi üniversitemizin veya evimizin farklı alanlarında nasıl değişiklik gösteriyor ve bu değişikliklere hangi faktörler katkıda bulunuyor?
10. Etkili enerji verimliliği önlemleri uygulamak ve toplumumuzdaki CO2 emisyonlarını azaltmak için enerji sağlayıcıları veya çevre örgütleri gibi yerel paydaşlarla nasıl işbirliği yapabiliriz?

**Kaynak 1**



## STEM YAKLAŞIMI İLE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE CO<sub>2</sub> EMİSYONLARININ İZLENMESİ

### ÖĞRENME KAYNAĞI HAKKINDA KISA BİLGİ

<b>Konu</b>	Chemistry, Physics, Biology, Information Technologies
<b>Yaş</b>	Öğrenciler
<b>Araştırma için zaman</b>	2 saat

"Stem yaklaşımı ile Enerji Verimliliği ve CO<sub>2</sub> Emisyonlarının İzlenmesi" alt konusu, öğrencilere STEM araçlarını kullanarak enerji tüketimini ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını izleme ve analiz etme konusunda uygulamalı deneyim sağlar. Bu proje sayesinde öğrenciler, enerji kullanımı ve çevresel etki arasındaki ilişkiyi keşfederken veri toplama, analiz etme ve yorumlama konularında pratik beceriler kazanacaklardır. STEM ilkelerinin gerçek dünyadaki uygulamalarına katılarak, öğrenciler enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konusunda daha derin bir anlayış geliştirecek ve karbon ayak izlerini azaltmak için bilinçli kararlar alma yetkisine sahip olacaklardır.

### GİRİŞ VE TEORİK TEMEL

Günümüz dünyasında, enerji verimliliği ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının anlaşılması ve ele alınması sürdürülebilirlik için çok önemlidir. Bu proje sayesinde öğrenciler, verileri analiz etmek ve daha yeşil bir gelecek için çözümler önermek için STEM araçlarını kullanarak enerji izleme ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının teorik temelini araştırarak. Enerji verimliliği ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının izlenmesi fizik, çevre bilimi ve veri analizi ilkelerine dayanır. Öğrenciler enerji tasarrufu, sera gazı emisyonları ve sürdürülebilirlik gibi kavramları keşfederek, enerji tüketimini ve çevresel etkiyi etkileyen faktörler hakkında bütünsel bir anlayış geliştireceklerdir.

### DENEYİN YAPILMA GEREKÇESİ

Bu deneyin yapılma gerekçesi, iklim değişikliğini ele alma ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etme konusundaki acil ihtiyaçta yatmaktadır. Öğrenciler, STEM araçlarıyla enerji verimliliğini ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını izleyerek çevresel etkiye ilişkin pratik bilgiler edinmekte ve kendi toplumlarında olumlu değişimi savunmak için güçlenmektedir. Ayrıca, bu deney eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirerek öğrencileri gelecekte karmaşık çevresel zorlukların üstesinden gelmeye hazırlamaktadır.



## YÜRÜTÜLECEK ARAŞTIRMA GÖREVLERİ

1. Enerji tüketimini ölçün ve analiz edin: Elektrik, ısıtma ve ulaşım dahil olmak üzere üniversite kampüsünün veya evin farklı alanlarında enerji kullanımı hakkında veri toplamak için STEM araçlarını kullanın. Enerji tüketimindeki eğilimleri ve kalıpları belirlemek için verileri analiz edin.
2. CO<sub>2</sub> emisyonlarını izleyin: Enerji kullanımı ve ulaşım ile ilişkili CO<sub>2</sub> emisyonlarını ölçmek ve izlemek için STEM araçlarını kullanın. Farklı faaliyetler arasındaki CO<sub>2</sub> emisyon seviyelerini karşılaştırın ve yüksek emisyon kaynaklarını belirleyin.
3. Enerji tasarrufu stratejilerini araştırın: Yalıtımın iyileştirilmesi, enerji tasarruflu cihazların kullanılması ve sürdürülebilir ulaşım seçeneklerinin teşvik edilmesi gibi enerji tasarrufu stratejilerini araştırın ve uygulayın. Bu stratejilerin enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkisini ölçün.
4. Verileri analiz edin ve çözümler önerin: İyileştirme alanlarını belirlemek için toplanan verileri analiz edin ve enerji tüketimini ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için çözümler önerin. Enerji verimliliğini ve sürdürülebilirliği teşvik etmek için eylem planları geliştirin ve değişiklikleri uygulayın

**Hipotez:** STEM araçları ile enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının izlenmesi yoluyla belirlenen enerji tasarrufu stratejilerinin uygulanması ve sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesi, hem enerji tüketiminde hem de CO<sub>2</sub> emisyonlarında ölçülebilir bir azalmaya yol açar.

## ARAŞTIRMACI DENEY

### DENEY 1: ENERJİ TÜKETİMİNİN ÖLÇÜLMESİ VE ANALİZİ

#### Gerekli malzemeler:

- Enerji izleme için STEM araçları (örn. enerji sayaçları, akıllı prizler)



- Verileri kaydetmek için kağıt ve kalem / Microsoft Excel programlı bilgisayar
- Elektrik kullanım verilerine erişim (örn. elektrik faturaları, çevrimiçi izleme platformları)

**Prosedür:**

1. Enerji tüketiminin izleneceği alanları veya cihazları belirleyin (ör. sınıflar, bilgisayarlar, aydınlatma).
2. Elektrik kullanımını ölçmek için seçilen cihazlara veya belirlenen alanlara enerji sayaçları veya akıllı prizler takın.
3. STEM araçlarını kullanarak belirli bir süre boyunca (örneğin bir hafta) temel enerji tüketimi verilerini kaydedin.
4. En yoğun kullanım zamanları veya enerji yoğun faaliyetler gibi enerji tüketimindeki eğilimleri ve kalıpları belirlemek için toplanan verileri analiz edin.
5. Enerji tasarrufu müdahaleleri için alanları önceliklendirmek üzere farklı alanlar veya cihazlar arasındaki enerji tüketimini karşılaştırın.
6. Verileri, kullanılmadığında ışıkları kapatmak veya ısıtma ve soğutma sistemlerini optimize etmek gibi enerji tüketimini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmek için kullanın.

**DENEY 2: CO<sub>2</sub> EMİSYONLARININ İZLENMESİ**

**Gerekli malzemeler:**

- CO<sub>2</sub> izleme cihazları veya sensörleri
- Verileri kaydetmek için kağıt ve kalem / Microsoft Excel programlı bilgisayar
- Ulaşım verilerine erişim (örn. kilometre kayıtları, yakıt tüketimi)

**Prosedür:**

1. Ulaşım veya enerji kullanımı gibi izlenecek CO<sub>2</sub> emisyonu kaynaklarını belirleyin.



2. CO<sub>2</sub> emisyonlarını ölçmek için ilgili alanlara (örn. araçlar, sınıflar) CO<sub>2</sub> izleme cihazları veya sensörleri yerleştirin.
3. STEM araçlarını kullanarak belirli bir süre boyunca (örneğin bir hafta) temel CO<sub>2</sub> emisyon verilerini kaydedin.
4. Toplanan verileri analiz ederek yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu kaynaklarını ve potansiyel iyileştirme alanlarını belirleyin.
5. Emisyon azaltma alanlarına öncelik vermek için farklı faaliyetler veya ulaşım modları arasındaki CO<sub>2</sub> emisyonlarını karşılaştırın.
6. Araç kullanmak yerine yürümeyi veya bisiklete binmeyi teşvik etmek veya enerji tasarruflu ulaşım seçeneklerini kullanmak gibi CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmek için verileri kullanın.

### DENEY 3: ENERJİ TASARRUFU STRATEJİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

#### Gerekli malzemeler:

- Enerji tasarrufu stratejilerini uygulamak için malzemeler (örn. yalıtım, enerji tasarruflu cihazlar)
- Verileri kaydetmek için kağıt ve kalem / Microsoft Excel programlı bilgisayar
- Enerji tüketim verilerine erişim (Deney 1'de toplanmıştır)

#### Prosedür:

1. Çalışılan ortam (örn. okul, ev) için uygulanabilir olan enerji tasarrufu stratejilerini araştırın.
2. Seçilen enerji tasarrufu stratejilerini belirlenen alanlarda veya belirli cihazlarla uygulayın, örneğin yalıtım yaptırmak veya enerji tasarruflu cihazlara geçmek gibi.
3. Enerji tasarrufu stratejilerini uygulamadan önce ve sonra enerji tüketimine ilişkin verileri kaydedin.
4. Uygulanan stratejilerin enerji tüketimini azaltmadaki etkinliğini değerlendirmek için toplanan verileri analiz edin.



5. Enerji tasarrufu stratejilerinin uygulanmasının önündeki zorlukları veya engelleri belirleyin ve potansiyel çözümler için beyin fırtınası yapın.

6. Bulguları, maksimum etkinlik için enerji tasarrufu stratejilerini iyileştirmek ve optimize etmek için kullanın.

#### **DENEY 4: VERİLERİ ANALİZ EDİN VE ÇÖZÜMLER ÖNERİN**

##### **Gerekli malzemeler:**

- Deney 1-3'ten toplanan veriler
- Gözlemleri ve önerilen çözümleri kaydetmek için kağıt ve kalem / Microsoft Excel programlı bilgisayar

##### **Proedür:**

1. Enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonları ve enerji tasarrufu stratejilerinin etkinliği dahil olmak üzere Deney 1-3'ten toplanan verileri derleyin ve düzenleyin.
2. Enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonları ve uygulanan stratejiler arasındaki eğilimleri, örüntüleri ve korelasyonları belirlemek için verileri analiz edin.
3. Uygulanan stratejilerin enerji verimliliği sağlama ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltma konusundaki başarısını değerlendirin.
4. Toplanan verilerin analizine dayalı olarak iyileştirme alanlarının ve potansiyel çözümlerin belirlenmesi.
5. Fizibilite, maliyet etkinliği ve çevresel etki gibi faktörleri göz önünde bulundurarak enerji tüketimini ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını daha da azaltmak için eylem planları geliştirin ve çözümler önerin.
6. Bulguları ve önerilen çözümleri ilgili paydaşlara (örn. okul yöneticileri, topluluk üyeleri) sunun ve daha sürdürülebilir bir gelecek için değişikliklerin uygulanması konusunda işbirliği yapın.





## REFERANSLAR

Anderson, B. D., & Wu, L. (2017). CO<sub>2</sub> Emissions Reduction in Transportation: Policies and Technologies. Springer.

Brown, E. R. (2018). STEM Education: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. IGI Global.

Gupta, R. K., & Tiwari, G. N. (Eds.). (2019). Monitoring and Reduction of CO<sub>2</sub> Emissions in Energy Systems. Springer.

[https://www.mozaweb.bg/en/Microcurriculum/view?azon=dl\\_513](https://www.mozaweb.bg/en/Microcurriculum/view?azon=dl_513)

<https://www.nature.org/en-us/get-involved/how-to-help/carbon-footprint-calculator/>

Jackson, C. A., & Smith, P. L. (2020). Monitoring Carbon Dioxide Emissions: Methods and Applications. CRC Press.

Johnson, T. H., & Williams, R. D. (2017). CO<sub>2</sub> Emissions Monitoring Techniques: A Comprehensive Overview. Wiley.

Khan, M. E., & Hanjra, M. A. (2018). Sustainable Management of CO<sub>2</sub> Emissions: Methods and Strategies. Routledge.

Li, X., & Fang, Y. (2019). Energy Efficiency Monitoring and Management in Industrial Systems. Elsevier.



Co-funded by  
the European Union



# ÖĞRETİM MATERYALLERİ VE İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

DERS:

FEN EĞİTİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR  
TEKNOLOJİLER



## DENEY 1: Su Elektrolizörü

### TANIM

Elektrokimyasal su döngüsü, enerji üretimi (yakıt hücreleri) ve depolanması (elektrolizör) dahil olmak üzere çeşitli amaçlarla suyu manipüle etmek için elektrokimyasal ilkelerden yararlanan bir dizi teknoloji ve süreci kapsar. Bu teknolojiler, sürdürülebilir enerji üretimi ve çevre kirliliği ile ilgili zorlukların ele alınmasında önemli bir umut vaat etmektedir.

Elektroliz temel bir elektrokimyasal süreçtir ve elektrokimyasal su döngüsünde bir adım olarak düşünülebilir. Bir su elektrolizörü, bir elektrik akımı kullanarak suyu (H<sub>2</sub>O) kendisini oluşturan elementler olan hidrojen (H<sub>2</sub>) ve oksijene (O<sub>2</sub>) ayırmak için elektroliz adı verilen elektrokimyasal bir süreç kullanan bir cihazdır. Bu işlem tipik olarak, iletkenliğini artırmak için genellikle su içinde asit, baz veya tuz çözeltisi olan bir elektrolit çözeltisine daldırılmış elektrotlar içeren bir elektrolitik hücrede gerçekleşir.

### DİDAKTİK-YÖNTEMSSEL YORUM

Bu öğretim ünitesi adım adım öğretim olarak tasarlanmıştır. Öğrenciler, sürdürülebilir enerji üretiminde kilit bir süreç olan elektroliz hakkında deneysel çalışmalar yaparak ve ders kitapları ile diğer mevcut kaynakları kullanarak daha fazla bilgi edineceklerdir.

### “Su Elektrolizörü” KONUSUNDA STEM ORTAMINDA DENEYSEL ÇALIŞMA İÇİN ÖRNEK KAYNAKLAR

**Kaynak 1:** *Basit su elektrolizörü. Yaygın malzemeler kullanarak düşük maliyetli bir su elektrolizörü yapmak ve pratik deneylerin hidrojen üretimi üzerindeki etkisini analiz etmek.*

### STEM ORTAMINDAKİ PROJE FAALİYETLERİNE YÖNELİK KONUYLA İLGİLİ ÖRNEK ARAŞTIRMA SORULARI:

Özel mühendislik soruları:

1. Voltajın değiştirilmesi elektroliz sırasında hidrojen ve oksijen üretim oranını nasıl etkiler?
2. Elektroliz verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için en uygun elektrolit çözeltisi konsantrasyonu nedir?
3. Farklı elektrot malzemeleri elektroliz sürecinin verimliliğini ve uzun ömürlülüğünü nasıl etkiler?
4. Genel enerji tüketimini azaltmak için su elektrolizinin enerji verimliliği nasıl geliştirilebilir?
5. Farklı elektroliz yöntemleriyle ilişkili çevresel etkiler nelerdir ve bunlar nasıl en aza indirilebilir?
6. Su elektrolizinin performansını ve sürdürülebilirliğini arttıracak yeni katalizörler veya malzemeler var mı?



Hidrojen depolanması ve kullanımı:

1. Su elektrolizinden üretilen hidrojenin depolanması ve taşınması için en etkili yöntemler nelerdir?
2. Hidrojen, yakıt hücrelerinde veya diğer uygulamalarda temiz bir enerji taşıyıcısı olarak nasıl verimli bir şekilde kullanılabilir?
3. Su elektrolizinden elde edilen hidrojen yakıtının yaygın olarak benimsenmesinin önündeki ekonomik ve teknik engeller nelerdir?

Genel sürdürülebilirlik soruları:

1. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik fazlası, enerji depolama amacıyla hidrojen üretmek üzere elektroliz için nasıl etkin bir şekilde kullanılabilir?
2. Su elektrolizinden üretilen hidrojeni mevcut yenilenebilir enerji sistemlerine entegre etmenin teknik ve ekonomik zorlukları nelerdir?
3. Elektrolizörler, yenilenebilir enerjiyle çalışan uzak veya şebeke dışı yerlerde yerinde hidrojen üretimi için optimize edilebilir mi?
4. Bu alanda araştırma ve geliştirmeye destek sağlamak için su elektrolizine ilişkin kamu algısı ve anlayışı nasıl geliştirilebilir?

*Kaynak 1*

## BASIT SU ELEKTROLİZÖRÜ

### ÖĞRENME KAYNAĞI HAKKINDA KISA BİLGİ

Konu	Kimya, Fizik, ...
Yaş	Öğrenciler
Eğitim süresi	3 saat

Bu öğrenme kaynağı, sürdürülebilir enerji üretimi ve depolanmasında kilit bir süreç olan su elektrolizinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerji, çevre bilimi ve mühendislik dahil olmak üzere çeşitli alanlarda elektrolizin ilkelerini, uygulamalarını ve önemini kapsamaktadır.

### GİRİŞ VE KURAMSAL TEMEL

Bu öğrenme kaynağı, öğrenciler, eğitimciler, araştırmacılar ve su elektrolizi ve sürdürülebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesindeki rolü hakkında temel bir anlayış kazanmak isteyen herkes için değerli bir referans görevi görmektedir. Temel kavramları, pratik uygulamaları ve eğitim kaynaklarını kapsamlı bir şekilde ele alan bu kaynak, elektroliz ve yenilenebilir enerji alanında bilgi, yenilik ve işbirliğini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Ele alınması gereken temel konular şunlardır:



#### **Elektrolize Giriş:**

- Elektrolizin tanımı ve temel prensipleri
- Elektroliz teknolojinin tarihsel geçmişi ve gelişimi

#### **Elektrokimyasal Reaksiyonlar:**

- Su elektrolizinde yer alan kimyasal reaksiyonların açıklanması
- Hidrojen ve oksijen gazlarının oluşumunu ve elektroliz sürecini ifade eden denklemler

#### **Elektroliz Sisteminin Bileşenleri:**

- Elektroliz hücresinin ve bileşenlerinin (elektrotlar, elektrolit, güç kaynağı ) tanımı
- Elektroliz hücresinin çeşitleri (ör; alkali elektrolizerler, PEM elektrolizerler)

#### **Elektroliz Etkinliğini Etkileyen Faktörler:**

- Gerilim, akım yoğunluğu, sıcaklık ve elektrolit konsantrasyonunun elektroliz performansı üzerindeki etkisi
- Elektroliz verimliliğini artırmak ve enerji tüketimini azaltmak için optimizasyon stratejileri

#### **Su Elektrolizi Uygulamaları:**

- Yakıt hücreleri, ulaşım ve endüstriyel prosesler için hidrojen üretimi
- Elektrolizden elde edilen hidrojen kullanılarak enerji depolama ve şebeke dengeleme
- Su arıtma, tuzdan arındırma ve çevresel iyileştirme uygulamaları

#### **Zorluklar ve Gelecek Yönelimleri:**

- Su elektrolizi ile ilgili teknik ve ekonomik zorluklar
- Sürdürülebilir enerji için elektroliz alanındaki araştırmalar ve yeni teknolojiler

#### **Eğitim Kaynakları ve Etkinlikler:**

- STEM disiplinlerinde su elektrolizini öğretmek ve öğrenmek için uygulamalı deneyler, simülasyonlar ve eğitim materyalleri
- Elektroliz kavramlarını ve uygulamalarını keşfetmek isteyen eğitimciler, öğrenciler ve araştırmacılar için kaynaklar

### **DENEYİN YÜRÜTÜLMESİNE İLİŞKİN GEREKÇE**

Basit bir su elektrolizörü deneyi gerçekleştirmenin mantığı, elektrokimyanın temel ilkeleri, sürdürülebilir enerji üretimi ve STEM eğitimi hakkında değerli bilgiler sunma potansiyelinde yatmaktadır. Özellikle, bir su elektrolizörü deneyi gerçekleştirerek, öğrenciler veya öğretmenler elektrik enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesini içeren elektroliz sürecini daha iyi anlayabilirler. Bu uygulamalı etkinlik, katılımcıların elektrik akımının kimyasal reaksiyonları nasıl tetiklediğini, su moleküllerini hidrojen ve oksijen gazlarına nasıl ayırdığını ilk elden gözlemlemelerini sağlar. Ayrıca, basit bir elektrolizör inşa edip çalıştırarak katılımcılar yakıt hücreleri, ulaşım ve enerji depolama gibi çeşitli uygulamalar için sürdürülebilir bir yakıt kaynağı olarak hidrojenin potansiyelini keşfedebilirler. Son olarak, basit su elektrolizörü deneyleri merak ve yaratıcılığı ilham vererek katılımcıları elektroliz verimliliğini ve performansını artırmak için alternatif malzemeler, tasarımlar ve yöntemler keşfetmeye teşvik edebilir. Yinelemeli deneyler ve problem çözme yoluyla, öğrenciler ve öğretmenler enerji üretimi ve depolanmasında gerçek dünyadaki zorluklara yenilikçi çözümler geliştirebilirler.



## YÜRÜTÜLECEK ARAŞTIRMA GÖREVLERİ

1. **Anot ve katodun belirlenmesi:** Çıkan gazların hacmini ölçerek, öğrenciler anot ve katod arasında ayırım yaparak her bir elektrotun kimliğini ayırt edebilirler. Bu anlayış, elektrolizörde meydana gelen sonraki elektrokimyasal reaksiyonlarda her bir elektrotu kendi rolüyle ilişkilendirmelerini sağlar.
2. **Farklı elektrot malzemelerinin kullanımı:** Öğrenciler çeşitli elektrot malzemelerinin elektrolizörün verimliliği üzerindeki etkisini araştıracaklardır. Elektrotun yüzeyi, su elektrolizinde yer alan elektrokimyasal reaksiyonların hızını ve seçiciliğini etkileyen bir elektrokatalizör görevi görür. Öğrenciler, farklı elektrot malzemeleri kullanarak elektrolizörün aktivitesini, kararlılığını ve elektrokatalizörün seçiciliğini önemli ölçüde değiştirebilirler.
3. **Voltaj Değişimi Deneyi:** Öğrenciler, elektrolizöre farklı piller bağlayarak değişen pil voltajının elektrolizör performansı üzerindeki etkisini araştıracaklardır. Aynı hacimde hidrojen gazı üretimine ulaşmak için geçen süreyi ölçeceklerdir.
4. **Elektrolitin pH'ının ölçümü:** Öğrenciler, elektroliz deneyinden önce ve sonra elektrolitin pH ölçümlerini yaparak altta yatan elektrokimyasal reaksiyonlar hakkında bilgi edineceklerdir.

**Hipotez:** Gerilim ve akım yoğunluklarının ayarlanması ve elektrot malzemelerinin değiştirilmesi gibi enerji tasarrufu stratejilerinin uygulanmasıyla, hidrojen üretim oranlarında değişiklikler gözlemlemeyi bekliyoruz.

## ARAŞTIRMA DENEYİ

### DENEY 1: Basit bir su elektrolizeri yapma ve test etme<sup>2,3</sup>

#### Gerekli malzemeler:

- Su bardağı
- 2 cam deney tüpü
- 2 metal raptiye veya 2 grafit kurşun kalem
- Timsah klipsleri, 2'li elektrik kablo ucu seti
- 9 V pil
- Su
- Kabartma tozu veya NaCl
- Kronometre
- Notebook / Gözlemleri kaydetmek için elektronik masa

#### Prosedür:

1. Raptiyelerin sivri uçları kabın içinde kalacak şekilde ve mesafeleri 9 voltluk bir pilin uçları arasındaki mesafe kadar olacak şekilde bir kabın altından geçirin. Kurşun kalemi her iki ucundan keskinleştirin.
2. Bardağı suyla doldurun ve elektrik iletimini artırmak için bir kaşık tuz veya karbonatı suyun içinde çözün. Ilık su kullanın ve yaklaşık 1 ölçek tuz veya karbonat için 10 ölçek su oranını hedefleyin. Deneye başladığınızda hiç hava kabarcığı yoksa daha fazla tuz ekleyin.



3. Pili elektrik kablo uçlarına veya timsah klipslerine bağlayın. Bardağı pilin üstüne yerleştirin, böylece bir elektrik kablo ucu pozitif terminale ve diğeri negatif terminale dayanacaktır. Timsah klipsi kullanıyorsanız, birini pozitif terminale ve diğeri negatif terminale takın ve diğeri tarafını kalemlere bağlayın ve bunları elektrolite batırın. Hidrojen ve oksijeni ayırırken kablo uçlarının veya kalemlerin üzerinde oluşan kabarcıkları gözlemleyin. Devreyi bozacağı için kablo uçlarının veya kalemlerin birbirine değmediğinden emin olun.
4. Cam test tüplerini elektrik kablo uçlarının veya kalemlerin üzerine ters çevirerek suya daldırın. Tüplerin suyla yer değiştirerek gazla dolmasına izin verin. Toplanan gazlar renksiz olan hidrojen ve oksijen olacaktır. Bu deney sırasında NaCl kullanıldıysa az miktarda klor gazı da üretmiş olursunuz. Endişelenmeyin, tehlikeli olacak kadar çok klor gazı üretmediniz. Hangi tüpün daha hızlı dolduğunu gözlemleyerek aralarındaki farkı ayırt edin.
5. Daha büyük hacimli test tüpünün önceden belirlenmiş seviyeye ulaşması için geçen süreyi tam olarak ölçmek için bir kronometre kullanın.

## DENEY 2: Elektrolizden önce ve sonra elektrolitin pH'ının ölçümü

### Gerekli malzemeler:

- universal pH kağıdı
- sirke
- kabartma tozu

### Prosedür:

1. Eğer pH alkaliye ( $\text{pH} > 7$ ), elektroliti sirke ile seyreltin ve her şeyi su ve sabunla iyice yıkayın. Elektrolite sirke eklememek lavabonuzun veya borularınızın zarar görmesine neden olabilir.
2. pH asidikse ( $\text{pH} < 7$ ), elektroliti karbonat çözeltisiyle seyreltin ve tüm yüzeyleri sabun ve suyla iyice yıkadığınızdan emin olun. Elektrolite karbonat çözeltisi eklemeyi ihmal etmek lavabonuzun veya borularınızın hasar görmesine neden olabilir.

### KAYNAKLAR

Bess Ruff, M.; McClure, E. *How to Electrolyse Water*. <https://www.wikihow.com/Electrolyse-Water#Setting-the-Experiment-Up>.

de Almeida Rezende, L.; de Campos, V. A. F.; Silveira, J. L.; Tuna, C. E. Educational Electrolyzer Prototype: Improving Engineering Students' Knowledge in Renewable Energies. *Int. J. Hydrogen Energy* **2021**, *46* (29), 15110–15123. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.02.013>.



Co-funded by  
the European Union



Society, A. C.; Washington, N. W. *Pencil Electrolysis*.  
[https://acswebcontent.acs.org/member\\_communities/Outreach\\_Activities.pdf](https://acswebcontent.acs.org/member_communities/Outreach_Activities.pdf).





## DENEY 2: Proton değişim membranlı yakıt pili

### TANIM

Enerji yaratılamaz veya yok edilemez; sadece biçim değiştirir. Enerji etkin bir şekilde kullanılmayan bir forma dönüştüğünde, bunu israf olarak nitelendiririz. Bu nedenle, genel amaç enerji dönüştürme sırasında enerji israfını en aza indirerek yararlı formlara dönüşümü en üst düzeye çıkarmaktır.

Benzinle çalışan araçlar her gün bu ikileme karşı karşıya kalmaktadır. Benzinle çalışan içten yanmalı motorlar genellikle yaklaşık %40 verimlilikle çalışır. Sonuç olarak, bu motorlardaki enerji dönüşümünün önemli bir kısmı birincil amaçları olan itiş gücüne hizmet edememektedir. Bunun yerine, benzinde depolanan potansiyel enerji ses, titreşim ve ısı olarak dağılır.

Buna karşılık, yakıt hücreleri yığınlarda sürekli olarak %60 civarında verimlilik elde etmekte ve üst sınırları %85'e ulaşmaktadır. Hareketli parçalarının olmaması nedeniyle, yakıt hücreleri ısı ve sürtünme nedeniyle minimum enerji kaybı yaşar.

Bir Proton Değişim Membranı (PEM) yakıt hücresi, nispeten düşük sıcaklıklarda, tipik olarak 80°C civarında çalışan bir elektrokimyasal hücre türüdür ve ulaşım ve sabit güç üretimi dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için uygundur. Bir PEM yakıt hücresinin kalbi, elektronları bloke ederken seçici olarak protonların geçmesine izin veren proton değişim membranıdır. Bu membran, sırasıyla hidrojen ve oksijen reaksiyonlarının meydana geldiği anot ve katot bölmelerini ayırır. Hidrojen molekülleri anotta protonlara ve elektronlara ayrılırken, protonlar membrandan katoda doğru hareket eder, elektronlar ise harici bir devreden geçerek elektrik gücü üretir. Katotta oksijen, protonlar ve elektronlarla birleşerek reaksiyonun tek yan ürünü olan su ve ısıyı oluşturur. PEM yakıt hücrelerinin verimliliği, ölçeklenebilirliği ve çevre dostu yapısı, onları sürdürülebilir bir enerji geleceği için umut verici bir teknoloji haline getirmektedir

### DİDAKTİK-YÖNTEMSSEL YORUM

Bu öğretim ünitesi adım adım öğretim olarak tasarlanmıştır. Öğrenciler, deneysel çalışmalar, ders kitapları ve diğer mevcut kaynakları kullanarak Proton Değişim Membranı (PEM) yakıt hücrelerinin prensipleri, uygulamaları ve önemi hakkında daha fazla bilgi edineceklerdir.

### “Basit hidrojen yakıt pili” KONUSUNDA STEM ORTAMINDA DENEYSEL ÇALIŞMA İÇİN ÖRNEK KAYNAKLAR

**Kaynak 1:** [Basit hidrojen yakıt pili](#). Ticari bir kimyasal ve malzeme kullanarak basit bir hidrojen yakıt hücresi monte etmek ve piyasada bulunan gerçek ölçekli yakıt hücresel araçları yöneten temel ilkeler hakkında fikir edinmek.

### STEM ORTAMINDAKİ PROJE FAALİYETLERİNE YÖNELİK KONUYLA İLGİLİ ÖRNEK ARAŞTIRMA SORULARI:



1. PEM yakıt hücrelerinin verimliliği alkali veya katı oksit yakıt hücreleri gibi diğer yakıt hücresi türlerine kıyasla nasıldır?
2. Çeşitli çalışma koşulları altında PEM yakıt hücresi yığınlarının dayanıklılığını ve uzun ömürlülüğünü etkileyen başlıca faktörler nelerdir?
3. PEM yakıt hücresi üretim süreçlerinin maliyet etkinliği, ulaşım ve sabit uygulamalarda yaygın olarak benimsenmesini kolaylaştırmak için nasıl geliştirilebilir?
4. PEM yakıt hücrelerinin performansını artırmak ve maliyetini düşürmek için katalizör malzemeleri ve tasarımlarında hangi gelişmeler araştırılmaktadır?
5. Çalışma sıcaklığı PEM yakıt hücrelerinin genel verimliliğini ve performansını nasıl etkiler ve sıcaklık yönetimini optimize etmek için hangi stratejiler kullanılabilir?
6. PEM yakıt hücresi ile çalışan araçlar için hidrojen depolama ve dağıtımı ile ilgili zorluklar nelerdir ve bu zorlukların üstesinden gelmek için hangi yenilikçi çözümler geliştirilmektedir?
7. PEM yakıt hücresi teknolojisi, daha sürdürülebilir enerji sistemleri oluşturmak için güneş veya rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıyla nasıl entegre edilebilir?
8. PEM yakıt hücresi üretimi, işletimi ve bertarafının çevresel etkileri nelerdir ve bunlar geleneksel yanma temelli teknolojilerle nasıl karşılaştırılabilir?
9. Şebekeden bağımsız veya uzak yerlerde PEM yakıt hücreleri için potansiyel uygulamalar nelerdir ve bu tür ortamlarda bunların konuşlandırılmasıyla ilgili teknik ve lojistik zorluklar nelerdir?
10. PEM yakıt hücresi sistemleri, telekomünikasyon altyapısı veya taşınabilir elektronik cihazlar için yedek güç gibi belirli uygulamalar için boyut, ağırlık ve güvenilirlik açısından nasıl optimize edilebilir?

*Kaynak 1*

### Basit hidrojen yakıt hücresi

#### ÖĞRENME KAYNAĞI HAKKINDA KISA BİLGİ

Konu	Kimya, Fizik, ...
Yaş	Öğrenciler
Eğitim süresi	5 saat

Bu öğrenme kaynağı, sürdürülebilir enerji üretimi ve depolanması için gerekli olan Proton Değişim Membranı (PEM) yakıt hücrelerinin sağlam bir şekilde anlaşılmasına yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Yenilenebilir enerji, çevre bilimi ve mühendislik gibi çeşitli alanlarda PEM yakıt hücrelerinin ilkelerini, uygulamalarını ve önemini araştırarak, farklı alanlarda erişilebilir ve alakalı hale getirir.

#### GİRİŞ VE KURAMSAL TEMEL



Bu öğrenme kaynağı öğrenciler, eğitimciler, araştırmacılar ve PEM yakıt hücreleri ve sürdürülebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesindeki rolü hakkında temel bir anlayış kazanmak isteyen herkes için değerli bir referans görevi görmektedir. Temel kavramları, pratik uygulamaları ve eğitim kaynaklarını kapsamlı bir şekilde ele alan bu kaynak, elektrokataliz ve yenilenebilir enerji alanında bilgi, yenilik ve işbirliğini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Ele alınması gereken Temel Konular:

**Elektrokimyasal Temeller:** Redoks reaksiyonları, elektron transfer mekanizmaları ve iyon taşıma süreçleri dahil olmak üzere elektrokimyanın temel ilkelerini anlamak, PEM yakıt pillerinin çalışmasını kavramak için çok önemlidir.

**PEM Yakıt Pili Bileşenleri:** Anot, katot, proton değişim membranı, katalizör katmanları, bipolar plakalar ve gaz difüzyon tabakası gibi bir PEM yakıt hücresinin çeşitli bileşenlerini ve bunların elektrokimyasal reaksiyonları ve iyon taşınmasını kolaylaştırmadaki rollerini keşfetmek.

**Çalışma Prensipleri:** Anotta hidrojen oksidasyon reaksiyonu, katotta oksijen indirgeme reaksiyonu, membrandan proton iletimi ve dış devreden elektron akışı dahil olmak üzere PEM yakıt hücrelerinin çalışma prensiplerinin anlaşılması.

**Katalizörler ve Malzemeler:** Platin bazlı katalizörler gibi PEM yakıt hücrelerinde kullanılan katalizör türlerinin incelenmesi ve maliyetleri düşürmeyi ve performansı artırmayı amaçlayan alternatif malzeme ve katalizör tasarımlarının araştırılması.

**Su Yönetimi:** Optimum hücre performansı ve dayanıklılığı sağlamak için su dağıtımının kontrolü, fazla suyun uzaklaştırılması ve membran dehidrasyonunun veya taşınmasının önlenmesi dahil olmak üzere PEM yakıt hücrelerinde su yönetiminin öneminin anlaşılması.

**Termal Yönetim:** PEM yakıt hücrelerinde optimum çalışma sıcaklıklarının korunması, ısı dağıtımı ve hücre yığının içindeki termal gradyanların yönetilmesi gibi termal yönetim zorluklarının ele alınması.

**Sistem Entegrasyonu:** PEM yakıt hücrelerinin ulaşım (örn. yakıt hücreli araçlar), sabit güç üretimi (örn. yedek güç sistemleri) ve taşınabilir elektronikler dahil olmak üzere çeşitli uygulamalara entegrasyonunun ele alınması ve sistem tasarımıyla ilgili hususların ve zorlukların tartışılması.

**Performans ve Verimlilik:** Güç yoğunluğu, voltaj verimliliği, akım yoğunluğu ve genel sistem verimliliği dahil olmak üzere PEM yakıt hücrelerinin performans ölçütlerinin ve verimliliğinin değerlendirilmesi ve performans ve verimliliği artırmaya yönelik stratejilerin tartışılması.

**Dayanıklılık ve Güvenilirlik:** Katalizör bozulması, membran bozulması ve zaman içinde sistem bozulması gibi PEM yakıt hücrelerinin dayanıklılığını ve güvenilirliğini etkileyen faktörlerin araştırılması ve hücre dayanıklılığını artırmaya ve kullanım ömrünü uzatmaya yönelik stratejilerin incelenmesi.

**Pazar Eğilimleri ve Geleceğe Bakış:** Potansiyel uygulamalar, ticarileştirme çabaları, politika teşvikleri ve teknolojiyi ilerletmeyi ve benimsenmesini genişletmeyi amaçlayan araştırma yönleri dahil olmak üzere PEM yakıt hücreleri için mevcut pazar eğilimlerini, teknolojik gelişmeleri ve gelecek beklentilerini analiz etmek.

## DENEYİN YÜRÜTÜLMESİNE İLİŞKİN GEREKÇE



Bir PEM yakıt hücresi ile deney yapmanın gerekçesi çok yönlüdür ve birkaç temel hedefi kapsar. Basit bir PEM yakıt hücresi inşa etmek, öğrencilerin elektrokimya, enerji dönüşümü ve yenilenebilir enerji teknolojileri ilkelerini keşfetmelerine olanak tanıyan uygulamalı öğrenme deneyimleri sağlar. Öğrenciler, yakıt hücresiyle deneyler yaparak PEM yakıt hücrelerinin nasıl çalıştığını ve altında yatan bilimsel kavramları daha iyi anlayabilirler. Ayrıca, yakıt hücresi bilim kiti ile yapılan deneyler STEM programlarında öğretilen teorik kavramları pekiştirir. Pratik gösteriler ve gözlemler sayesinde öğrenciler redoks reaksiyonları, elektroliz, elektron transferi ve proton iletkenliği gibi konulara ilişkin kavrayışlarını pekiştirebilirler. Bir PEM yakıt hücresi bilim kitiyle çalışmak eleştirel düşünme, problem çözme, deneysel tasarım, veri analizi ve ekip çalışması gibi çeşitli becerileri geliştirir. Katılımcılar sorunları gidermeyi, deneysel sonuçları yorumlamayı ve ortak hedeflere ulaşmak için etkili bir şekilde işbirliği yapmayı öğrenerek bilimsel okuryazarlıklarını ve yeterliliklerini geliştirirler.

### YÜRÜTÜLECEK ARAŞTIRMA GÖREVLERİ

1. **Verimlilik Analizi:** Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmedeki genel verimliliğini değerlendirmek için enerji girişini (hidrojenden) ve elektrik çıkışını (yakıt hücresi tarafından üretilen) hesaplayarak PEM yakıt hücresi sisteminin verimliliğini ölçün.
2. **Performans Testi:** Bu faktörlerin yakıt hücresi sisteminin çıkış voltajını, akımını ve gücünü nasıl etkilediğini değerlendirmek için farklı çalışma koşulları altında (örneğin, değişen hidrojen akış hızları, sıcaklık ve nem seviyeleri) performans testleri gerçekleştirin.
3. **Su Yönetimi Değerlendirmesi:** Çalışma sırasında suyun birikmesini ve uzaklaştırılmasını izleyerek, proton değişim membranının uygun şekilde hidrasyonunu sağlayarak ve su basmasını veya kurumasını önleyerek PEM yakıt hücresi sistemi içindeki su yönetiminin etkinliğini araştırın.
4. **Dayanıklılık Değerlendirmesi:** Gerçek dünya kullanım koşullarını simüle etmek ve potansiyel bozulma mekanizmalarını belirlemek için PEM yakıt hücresi sisteminin sürekli çalışma veya döngüsel stres testine tabi tutarak sistemin dayanıklılığını ve uzun vadeli kararlılığını değerlendirin.
5. **Sistem Optimizasyonu:** PEM yakıt hücreli aracın performansını, verimliliğini ve dayanıklılığını optimize etmek için yakıt hücresinin tasarımını, katalizör malzemelerinin bileşimini ve tesis bileşenlerinin dengesinin düzenini değiştirmek de dahil olmak üzere farklı sistem konfigürasyonlarını deneyin.
6. **Çevresel Etki Analizi:** Yakıt hücresi teknolojisinin potansiyel çevresel faydalarını değerlendirmek için emisyonları ölçerek (veya emisyonları ölçmeyerek) ve bunları geleneksel yanma bazlı araçlarla karşılaştırarak PEM yakıt hücresi aracını çalıştırmanın çevresel etkilerini araştırın.
7. **Karşılaştırmalı Çalışmalar:** PEM yakıt hücreli otomobilin performansını, verimliliğini ve maliyet etkinliğini diğer alternatif enerji araçlarıyla (örn. bataryalı elektrikli araçlar) karşılaştırarak ulaşım sektöründeki güçlü yönlerini, sınırlamalarını ve rekabet gücünü anlamak.

**Hipotez:** Elektrot malzemelerini değiştirerek, çıkış voltajında değişiklikler gözlemlemeyi öngörüyoruz.



## ARAŞTIRMA DENEYİ

### DENEY 1: “Basit bir hidrojen yakıt hücresi yapmak”

#### Gerekli malzemeler:

- 20 cm platinyum kaplı nikel tel veya saf platinyum tel
- küçük bir tahta veya plastik parçası
- 9 V akü maşası
- 9 V pil
- Şeffaf bant
- 1 dL bardak
- 1 dL su
- Multimetre veya kırmızı diod

#### Prosedür:<sup>1</sup>

1. Platin kaplı teli dikkatlice iki eşit parçaya kesin. Ardından, her bir parçayı küçük yaylar halinde hassas bir şekilde sarın ve yakıt hücresinde elektrot görevi görecek şekilde şekillendirin.
2. Ardından, akü maşasını ikiye bölün ve kesilen uçlardaki yalıtımı kaldırın. Açıkta kalan kabloları platin kaplı elektrotların uçlarına sıkıca bağlayın. Bu bağlantılar akü maşasının elektrotlara bağlanmasını sağlarken, iki ek kablo daha sonra voltmetreye bağlanmak üzere yapıştırılacaktır.
3. Elektrotları küçük bir tahta veya plastik parçasına sıkıca bantlayın. Bu düzenek daha sonra su bardağına yapıştırılır ve elektrotların neredeyse tüm uzunlukları boyunca su altında kalması sağlanır. Bükülmüş tel bağlantılarını su hattının üzerinde tutmaya dikkat edin ve sadece platin kaplı elektrotları suya batırın.
4. Kırmızı kabloyu multimetre veya diyotun pozitif terminaline ve siyah kabloyu negatif terminaline bağlayın. Voltmetrenin 0 volt değerini kaydettiğini teyit edin.
5. Yakıt hücresini etkinleştirmek için, bir elektrotta hidrojen kabarcıkları ve diğerinde oksijen kabarcıkları oluşmasını başlatın. Bunu, akü maşasını 9 V'luk bir pile bağlayarak gerçekleştirin. Voltmetre 9 V'u göstermeli veya diyot parlak kırmızı bir ışık yaymalıdır.
6. İstenen reaksiyon gerçekleştiğinde pil bağlantısını kesin. Platin kaplı tel yerine standart tel kullanılsaydı, pil bağlı olmadığı için voltmetre 0 V değerine dönerdi. Ancak platin katalizör görevi görerek hidrojen ve oksijenin yeniden birleşmesini kolaylaştırdığı için voltmetre başlangıçta yaklaşık 1 V kaydeder. Zamanla bu voltaj 0 V'a ulaşana kadar kademeli olarak azalır.

### DENEY 2: Yakıt hücreli aracın bilimsel kitten montajı ve çalışması

#### Gerekli malzemeler:

- Yakıt Hücreli Araba Bilim Seti - FCJJ-11<sup>2</sup> veya benzeri

#### Prosedür:



1. Üreticinin talimatlarındaki prosedürü takip edin<sup>3-9</sup>

#### KAYNAKLAR

Building a Hydrogen Fuel Cell [https://scitoys.com/scitoys/scitoys/echem/fuel\\_cell/fuel\\_cell.html](https://scitoys.com/scitoys/scitoys/echem/fuel_cell/fuel_cell.html).  
Description, P.; Pack, L. Fuel Cell Car Science Kit Product Description Features Experiment & Activities Language Pack Fuel Cell Car Science Kit Packing Information Kit Content. 11–12.  
FCJJ 11 - FCJJ-11 Student's Guide-Physics-Advanced Energy.  
Generation, N.; Standards, S. FCJJ-11 Teacher's Guide -Physics-Advanced Energy.  
Generation, N.; Standards, S. FCJJ11\_Redox\_CH\_Student\_V2.  
Generation, N.; Standards, S. FCJJ11\_Reactions\_CH\_Teacher\_V2.  
Generation, N.; Standards, S. FCJJ11\_Reactions\_CH\_Student\_V2.  
Generation, N.; Standards, S. FCJJ11\_Redox\_CH\_Teacher\_V2.  
Horizon Fuel Cell Technologies. FCJJ11 User Manual. 0–1.



## DENEY 3: Modern piller

### TANIM

Modern aküler, giderek dijitalleşen ve mobilleşen dünyamıza güç sağlamada çok önemli bir kilometre taşını temsil eder. Teknolojideki ilerlemelerle birlikte bataryalar basit hücrelerden karmaşık enerji depolama sistemlerine dönüşmüş ve akıllı telefonlardan elektrikli araçlara kadar çeşitli uygulamalara olanak sağlamıştır.

Modern akülerdeki en önemli gelişim alanlarından biri enerji yoğunluğudur. Mühendisler sürekli olarak daha küçük ve daha hafif paketlere daha fazla enerji sığdırmaya çalışarak taşınabilir cihazların boyut ve ağırlıklarını azaltırken çalışma sürelerini artırmaktadır. Lityum-iyon piller bu devrimin ön saflarında yer almış, yüksek enerji yoğunluğu ve şarj edilebilirlik sunarak onları akıllı telefonlar, dizüstü bilgisayarlar ve elektrikli araçlar için tercih edilen seçenek haline getirmiştir. Ancak sürdürülebilirlik de batarya teknolojisinde önemli bir odak noktası haline geldi. Araştırmacılar, batarya üretiminin ve bertarafının çevresel etkilerini en aza indirmek için alternatif malzemeler ve üretim süreçleri araştırıyor. Geri dönüştürülebilir malzemelerden ve bol miktarda bulunan elementlerden katı hal elektrolitlerine kadar, sadece verimli değil aynı zamanda çevre dostu piller yaratma çabaları devam ediyor.

Bu bağlamda, pillerin geleceği daha da büyük ilerlemeler için umut vaat ediyor. Gelişmiş güvenlik ve uzun ömürlülüğe sahip katı hal pillerinden lityum-sülfür, çinko-hava ve sodyum-iyon gibi yeni nesil kimyasallara kadar, araştırmacılar enerji depolama teknolojisinin sınırlarını zorlamak için çeşitli yollar araştırıyorlar. Teknoloji gelişmeye devam ettikçe, bataryalar da gelişecek, inovasyonu teşvik edecek ve enerji geleceğimizin manzarasını şekillendirecektir.

### DİDAKTİK-YÖNTEMSSEL YORUM

Bu öğretim ünitesi adım adım öğretim olarak tasarlanmıştır. Öğrenciler deneysel çalışmalarla ve ders kitapları ve diğer mevcut kaynakları kullanarak Çinko-hava pillerinin prensipleri, uygulamaları ve önemi hakkında daha fazla bilgi edineceklerdir.

### "Çinko-hava pili" KONUSUNDA STEM ORTAMINDA DENEYSEL ÇALIŞMA İÇİN ÖRNEK KAYNAKLAR

**Kaynak 1: Çinko-hava pili.** Evde bulunan malzemeleri ve kimyasalları kullanarak bir Çinko-hava pili monte etmek ve Zn-hava elektrokimyasının temel ilkeleri hakkında fikir edinmek.

### STEM ORTAMINDAKİ PROJE FAALİYETLERİNE YÖNELİK KONUyla İLGİLİ ÖRNEK ARAŞTIRMA SORULARI:

1. Çinko-hava pillerinin enerji yoğunluğu yaygın olarak kullanılan diğer pil teknolojilerine kıyasla nasıldır?
2. Çinko-hava bataryalarının maliyet, performans ve çevresel etki açısından başlıca avantaj ve dezavantajları nelerdir?
3. Tasarım ve yapıdaki farklılıklar çinko-hava akülerinin verimliliğini ve ömrünü nasıl etkiler?
4. Bir metal hava bataryası yakıt hücresine nasıl benzer?



5. Katalizörler çinko-hava pillerinin performansını artırmada nasıl bir rol oynar ve etkinlikleri nasıl optimize edilebilir?
6. Çinko-hava pillerinin yeniden şarj edilebilirliği ile ilgili temel zorluklar nelerdir ve bunların üstesinden gelmek için hangi stratejiler kullanılabilir?
7. Oksijen difüzyon oranı çinko-hava pillerinin genel performansını ve enerji çıkışı nasıl etkiler?
8. Yenilenebilir enerji depolama sistemlerinde, şebeke stabilizasyonunda ve elektrikli araçlarda çinko-hava pilleri için potansiyel uygulamalar nelerdir?
9. Sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörler çinko-hava pillerinin çalışmasını ve uzun ömürlülüğünü nasıl etkiler?
10. Çinko-hava batarya bileşenlerinin dayanıklılığını ve kararlılığını artırmak için malzeme biliminde ne gibi ilerlemeler kaydedilmektedir?
11. Matematiksel modelleme ve simülasyon, farklı çalışma koşulları altında çinko-hava pillerinin davranışını tahmin etmek ve performansını optimize etmek için nasıl kullanılabilir?

*Kaynak 1*

## ÇINKO-HAVA PİLLERİ

### ÖĞRENME KAYNAĞI HAKKINDA KISA BİLGİ

Konu	Kimya, Fizik, ...
Yaş	Öğrenciler
Eğitim süresi	5 saat

Bu öğrenme kaynağı, sürdürülebilir enerji depolama için gerekli olan çinko-hava pilleri hakkında sağlam bir anlayış kazanmaya yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Çinko-hava pillerinin yenilenebilir enerji, çevre bilimi ve mühendislik gibi çeşitli alanlardaki ilkelerini, uygulamalarını ve önemini araştırarak, farklı alanlarda erişilebilir ve alakalı hale getirir.

### GİRİŞ VE KURAMSAL TEMEL<sup>1</sup>

Bu öğrenme kaynağı, çeşitli yaklaşımlar aracılığıyla çinko-hava pilleri hakkında kapsamlı bir anlayış sunmak için titizlikle hazırlanmıştır. Aşağıdaki unsurları entegre ederek, çinko-hava aküleriyle ilgili bilgi ve becerilerin edinilmesini kolaylaştırmayı amaçlayan zenginleştirici bir eğitim yolculuğu sağlamaya çalışmaktadır. Kapsanan temel konular şunlardır:

**Kavramsal Anlayış:** Çinko-hava pillerinin altında yatan temel ilkeleri inceleyen kaynak, elektrokimya, hücre tasarımı ve reaksiyon mekanizmaları gibi konuları açıklamaktadır. Bu bilgi, daha fazla araştırma ve anlama için bir temel taşı görevi görür.





**Pratik Uygulamalar:** Yenilenebilir enerji depolama, ulaşım ve tüketici elektroniği dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerde çinko-hava pillerinin gerçek dünyadaki kullanımına ilişkin bilgiler sağlar. Vaka çalışmaları ve örnekler aracılığıyla, öğrenciler bu pillerin pratik senaryolarda nasıl kullanıldığını dair bir anlayış kazanırlar.

**Deneyisel Keşif:** Öğrencilerin çinko-hava pillerinin davranışlarını doğrudan gözlemlmelerini sağlayan uygulamalı deneyler ve gösterimler sunar. Voltaj çıkışı, verimlilik ve çeşitli koşullar altında performans gibi faktörlerin araştırılması yoluyla katılımcılar pilin çalışmasına ilişkin daha derin bir kavrayış geliştirir.

**Problem Çözme Alistirmaları:** Çinko-hava aküleriyle ilgili zorlu problemler ve senaryolar sunan kaynak, öğrencileri pratik zorlukları çözmek için bilgilerini uygulamaya teşvik eder. Bu yaklaşım, eleştirel düşünme becerilerinin gelişimini teşvik eder ve kavramsal anlayışı güçlendirir.

**İşbirliğine Dayalı Öğrenme:** Fikir ve deneyim alışverişine elverişli bir ortam yaratan grup etkinliklerini, tartışmaları ve işbirliğine dayalı projeleri kolaylaştırmak. Akran etkileşimi sayesinde, öğrenciler çinko-hava pilleri hakkındaki anlayışlarını derinleştirirken, ekip çalışmasını teşvik eder ve öğrenme çıktılarını geliştirir.

## DENEYİN YÜRÜTÜLMESİNE İLİŞKİN GEREKÇE

Basit bir çinko-hava pili yapmak için deney yapmanın ardındaki mantık, öğrenmeye kapsamlı bir yaklaşım sunan çeşitli yönleri kapsar. Öncelikle, katılımcılara elektrokimya ve enerji depolama konusundaki anlayışlarını sağlamlaştıran dokunsal ve etkileşimli bir deneyim sunarak uygulamalı öğrenme sağlar. Öğrenciler pili inşa ederken, bileşenlerinin elektrik üretmek için nasıl işbirliği yaptığını dair birinci elden fikir edinirler. Bu pratik katılım, teorik bilgiyi gerçek dünya uygulamasıyla birleştirerek, oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları, elektron akışı ve galvanik hücrelerdeki elektrot ve elektrolitlerin rolleri gibi kavramları güçlendirir. Ayrıca bir çinko-hava pili inşa etmek sorun çözmeyi ve sorun gidermeyi kolaylaştırır. Katılımcılar elektrot malzemelerini optimize etme, reaksiyon hızlarını yönetme ve elektrik iletkenliğini artırma gibi zorluklarla karşılaşırırlar. Bu engellerin ele alınması, eleştirel düşünme becerilerini geliştirir ve katılımcıları yenilikçi çözümler geliştirmeye teşvik ederek temeldeki prensipler hakkındaki anlayışlarını derinleştirir. Bununla beraber çinko-hava pilleri yüksek enerji yoğunluğu ve maliyet etkinliği nedeniyle yenilenebilir enerji depolamadaki potansiyelleri nedeniyle de övülür. Çinko-hava pili inşa etmek, katılımcıların bu teknolojinin güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklarla ilişkili enerji depolama zorluklarını ele alma uygulanmasını keşfetmelerine olanak tanır ve sürdürülebilir enerji çözümlerine yönelik bir takdir duygusu geliştirir. Son olarak, bunun gibi uygulamalı deneyler STEM alanlarına ilgi ve katılımı teşvik eder. STEM kavramlarını pratik bir ortamda uygulayarak, katılımcılar bilim, teknoloji, mühendislik ve matematikte gelecekteki çabaları sürdürmeye teşvik edilir. Bu, yalnızca öğrenmeye yönelik bir tutkuyu beslemekle kalmaz, aynı zamanda STEM ile ilgili kariyerlerde gelecek nesil yenilikçileri ve problem çözücülerini de besler.



## YÜRÜTÜLECEK ARAŞTIRMA GÖREVLERİ

Basit bir çinko-hava pili yapımı için yapılması gereken araştırma görevleri şunlardır:

**1. Malzeme Seçimi ve Karakterizasyonu:** Reaktivite, iletkenlik ve bulunabilirlik gibi faktörleri göz önünde bulundurarak çinko anot ve hava katodu için farklı malzemeleri araştırın. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve döngüsel voltametri gibi teknikler aracılığıyla yüzey alanı, gözeneklilik ve elektrokimyasal performans dahil olmak üzere seçilen malzemelerin özelliklerini karakterize edin.

**2. Elektrolit Optimizasyonu:** pH, iyonik iletkenlik ve seçilen elektrot malzemeleriyle uyumluluk gibi faktörleri göz önünde bulundurarak pilin performansını ve kararlılığını artırmak için çeşitli elektrolit çözümlerini keşfedin. Deney ve analiz yoluyla katkı maddelerinin veya tamponlama maddelerinin elektrolit özellikleri ve pil performansı üzerindeki etkisini araştırın.

**3. Elektrot Üretim Teknikleri:** Morfolojilerini ve performanslarını optimize etmek için elektrokaplama, serigrafi veya mürekkep püskürtmeli baskı gibi çinko ve hava elektrotlarını üretmek için farklı yöntemleri araştırın. Sıcaklık, biriktirme süresi ve öncü konsantrasyonu dahil olmak üzere elektrot hazırlama parametrelerinin elektrot yapısı ve elektrokimyasal özellikler üzerindeki etkisini keşfedin.

**4. Montaj ve Hücre Tasarımı:** Montaj sürecini optimize etmek ve pil performansını en üst düzeye çıkarmak için çeşitli hücre tasarımlarını ve yapılandırmalarını araştırın. Hücre kararlılığını artırmak ve elektrolit sızıntısını veya gaz geçişini önlemek için farklı ayırıcılar ve paketleme malzemeleri deneyin.

**5. Performans Testi ve Karakterizasyonu:** Voltaj çıkışı, kapasite ve çevrim ömrünü ölçme yöntemleri dahil olmak üzere çinko-hava pilinin elektrokimyasal performansını test etmek için protokoller geliştirin. Sistematik test ve analiz yoluyla sıcaklık, nem ve deşarj oranı gibi çalışma koşullarının pil performansı üzerindeki etkisini araştırın.

**6. Uzun Vadeli Kararlılık ve Dayanıklılık Çalışmaları:** Pilin sürekli çalışma ve çevrim koşulları altındaki performansını değerlendirmek için uzun vadeli kararlılık ve dayanıklılık çalışmaları yürütün. Elektrot morfolojisi ve kimyasal bileşiminin incelenmesi de dahil olmak üzere ölüm sonrası analiz yoluyla bozulma mekanizmalarını ve arıza modlarını araştırın.

**7. Çevresel Etki Değerlendirmesi:** Ham maddelerin sürdürülebilirliği, üretim sırasında enerji tüketimi ve geri dönüşüm veya bertaraf potansiyeli dahil olmak üzere çinko-hava pilinin çevresel etkisini araştırın. Pilin genel çevresel ayak izini anlamak ve iyileştirme fırsatlarını belirlemek için pilin yaşam döngüsü değerlendirmesini (LCA) değerlendirin.

**Hipotez:** Kimyasal ve mekanik yöntemler kullanılarak Zn-hava pilinin performansı artırılabilir.

## ARAŞTIRMA DENEYİ



### DENEY 1: “Basit bir çinko-hava pili yapmak”<sup>2</sup>

#### Gerekli malzemeler:

- Bakır elektrot
- Çinko elektrot
- Timsah klipsli elektrik test uçları-2'li set
- Multimetre ve kırmızı diod
- Su bardağı
- NaCl (25 g kadar)
- Ölçüm kabı, metrik
- En az 500 mL'lik kase
- Çay kaşığı
- Su
- Mutfak tartısı
- Hidrojen peroksit (%3) (20 mL kadar)
- Pipet
- Zamanlayıcı veya saniyesi olan bir saat

#### Prosedür:<sup>3</sup>

1. Çinko-hava pili için tuzlu su elektrolitini hazırlayarak başlayın. 0,5 L suyla dolu bir kapta 25 g NaCl'i eritin.
2. Üç su bardağını kalıcı bir kalem kullanarak #1–3 olarak etiketleyin. Üç denemeyi aynı anda yürütmek sonuçların doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlar.
3. Elektrotlarınızı hazırlayın:
  - a. Cu elektrodunu katotunuz olarak belirleyin.
  - b. Zn elektrodunu anotunuz olarak belirleyin.
4. Her etiketli kap veya kavanoza 150 mL hazırlanmış tuzlu su elektrolitini dökün.
5. Her kap veya kavanoza bir Zn ve bir Cu elektrodu yerleştirin ve birbirlerine bakacak şekilde zıt taraflara yerleştirildiğinden emin olun. Kazara kısa devreleri önlemek için birbirlerine değmemelerine dikkat edin.
6. Timsah klipslerini elektrik test uçlarına bağlayın, kırmızı uç Cu'ya ve siyah uç Zn'ye bağlanmalıdır. Diğer uçlar, yanması gereken kırmızı diyota bağlanmalıdır.
7. Pillerin işlevselliği test edilmeye hazır. Aşağıdaki koşullar altında her pili bir multimetre ile sırayla test edin, diodyu ayırın ve multimetreyi bağlayın:
  - a. Elektrolite hiçbir ekleme yok
  - b. Sürekli karıştırma
  - c. Bir pipetle sürekli baloncuk üfleme
  - d. 5 mL %3 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ekleme
  - e. 5 mL %3 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ekleme artı sürekli karıştırma
8. Her çinko-hava pilinin açık devre voltajını ve kısa devre akımını ölçün. İlk denemeye başlayın ve diğer ikisiyle devam edin. Bu ölçümler pilinizin sağlayabileceği en yüksek voltajı ve akımı sağlar, ancak her ikisini aynı anda sağlayamayacağını unutmayın.



#### KAYNAKLAR

Li, Y.; Dai, H. Recent Advances in Zinc-Air Batteries. *Chem. Soc. Rev.* **2014**, *43* (15), 5257–5275.  
<https://doi.org/10.1039/c4cs00015c>.

How to Make a Battery with Metal, Air, and Saltwater [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Chem\\_p107/chemistry/make-a-battery-with-metal-air-and-saltwater#procedure](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Chem_p107/chemistry/make-a-battery-with-metal-air-and-saltwater#procedure).

Procedure, E. How to Make a Battery with Metal, Air, and Saltwater | Science Project. **2021**.



## Örnek: Fen Eğitiminde Sürdürülebilir Teknolojiler - Bölüm 2 Proje Tabanlı Öğrenme Yoluyla Öğretim

### Yenilikçi Yeşil STEAM Öğretme/öğrenme ünitesinin tanımı

<b>Eğitim düzeyi (öğrencinin yaşı):</b> Lisansüstü düzeyi-2. Dönem
<b>Alan:</b> Fen Eğitiminde Sürdürülebilir Teknolojiler
<b>Konu alanı:</b> Sürdürülebilir Teknolojiler
<b>Kazanımlar:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sürdürülebilir Enerji kavramını anlar.</li><li>• Hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin prensiplerini anlar.</li><li>• Birden fazla sürdürülebilir teknolojiyi birleştiren entegre sistemleri tasarlar ve analiz eder.</li><li>• Sürdürülebilir enerjinin prensiplerini tanımlar ve açıklar.</li><li>• Geleneksel enerji kaynaklarının çevresel etkilerini belirler.</li><li>• Hidrojen yakıt hücrelerinin çalışma prensiplerini açıklar.</li><li>• Hidrojen yakıt hücresi teknolojisinin avantajlarını ve zorluklarını analiz eder.</li><li>• Temel bir hidrojen yakıt hücresi tasarlama ve inşa etme becerisini gösterir.</li><li>• Hidrojen üretimi için elektroliz sürecini açıklar.</li><li>• Elektrolizörlerin verimliliğini ve pratik uygulamalarını değerlendirir.</li><li>• Lityum iyon pilleri ortaya çıkan pil teknolojileriyle karşılaştırır ve zıtlıklarını ortaya koyar.</li><li>• Farklı pil tiplerinin çevresel ve ekonomik etkilerini analiz eder.</li><li>• Bir pil sistemi tasarlama ve test etme becerisini gösterir.</li><li>• Elektrokimyasal mikroeaktör kavramını anlar.</li><li>• Fotovoltaik enerji dönüşümünün prensiplerini açıklar.</li><li>• Güneş fotovoltaik sistemlerinin verimliliğini ve sınırlamalarını analiz eder.</li><li>• Belirli bir senaryo için bir fotovoltaik sistemi tasarlar ve optimize eder.</li><li>• Rüzgar türbinlerinin çalışma prensiplerini açıklar.</li></ul>
<b>Anahtar kelimeler:</b> yeşil STEM, sürdürülebilir teknolojiler, proje bazlı öğrenme
<b>Öğrenme araçları:</b> öğrenme yönetim sistemi (ör. Moodle), işbirliği platformları (ör. Microsoft Teams), literatür veri tabanları (ör. Scopus, Web of Science, Google Scholar, ERIC), sunum, belgelendirme, ve elektronik yazılımlar (ör. PowerPoint, Word, Excel), grafik araçları (ör. Canva), okul deneysel veri toplama araçları (ör. Vernier sensors) gibi.
<b>Öğrenciler için alanyazın kaynakları</b> <p>Zorunlu/ilave:</p> <p>Diñer, İ., &amp; Erdemir, D. (2023). <i>Introduction to Energy Systems</i>. John Wiley &amp; Sons.</p> <p>Ferk Savec, Vesna (2010). <i>Projektno učno delo pri učenju naravoslovnih vsebin : učbenik</i>. Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.</p> <p>Hacker, V., &amp; Mitsushima, S. (Eds.). (2018). <i>Fuel cells and hydrogen: from fundamentals to applied research</i>. Elsevier.</p> <p>He, G. (2024). <i>Electrochemical Energy Storage Technologies Beyond Li-ion Batteries</i>.</p>



Korthauer, R. (Ed.). (2018). *Lithium-ion batteries: basics and applications*. Springer.  
Monconduit, L., & Croguennec, L. (2021). *Les batteries Na-ion*. ISTE Group.

**Öğretmen (adayları) için alanyazın kaynakları**

*Zorunlu/ilave:*

Dinçer, İ., & Erdemir, D. (2023). *Introduction to Energy Systems*. John Wiley & Sons.  
Ferk Savec, Vesna (2010). *Projektno učno delo pri učenju naravoslovnih vsebin : učbenik*.  
Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.  
Hacker, V., & Mitsushima, S. (Eds.). (2018). *Fuel cells and hydrogen: from fundamentals to applied research*. Elsevier.  
He, G. (2024). *Electrochemical Energy Storage Technologies Beyond Li-ion Batteries*.  
Korthauer, R. (Ed.). (2018). *Lithium-ion batteries: basics and applications*. Springer.  
Monconduit, L., & Croguennec, L. (2021). *Les batteries Na-ion*. ISTE Group.

**Öğretme Metodları:** proje bazlı öğrenme, deneysel çalışma



## TEORİK BİLGİLENDİRME

### TEORİK BİLGİLENDİRME

Öğretmenler için kurs, PBL, IBL ve Mühendislik Tasarım Tabanlı yenilikçi metodolojileri içeren içerikleri, araçları ve iyi uygulamaları hibrit bir yaklaşımla birleştirir.

**A.** Green STEM program araçlarında, etkinlikler gerçek problemlerle başlar. Gerçek problemler ayrıca öğrencilerin sorgulamaya dayalı ve problem tabanlı öğrenmeye katılmaları için teşvik eder. Gerçek problemler, öğrencilerin bilimsel sorgulama becerilerini destekleyebilecek problem türlerini tanımlar (Burrows vd., 2016), bilimle ilgili alanlardaki bilim insanlarının ve araştırmacıların gerçek yaşam çalışma stillerini (Hsu vd., 2010) ve bilimin nasıl uygulandığını (van Eijck & Roth, 2009) ele alır. Bu nedenle, Green STEM projesinde örneklenen aktiviteler, öğrencilerin uygulamalı ve zihinsel katılıma odaklanarak sorgulamalarını destekleyebilecek gerçek araştırma problemlerini içerir.

Örneğin, "KONU B.1: Atmosferik Su Hasadı" başlıklı etkinlik, havadan nem toplayarak kullanılabilir su elde etmek için atmosferden su hasadı olarak da bilinen gerçek bir problemle başlar. Etkinlik, öğrencilerin su kıtlığı yaşayan bölgelerde su temini ile ilgili problemleri çözmelerini ve tatlı su kaynaklarına sınırlı erişimi olan bölgeler için potansiyel bir çözüm sağlamalarını amaçlamaktadır. Yoğunlaşma, çiğ toplama, sis hasadı ve Atmosferik Su Jeneratörleri (AWG'ler) gibi çeşitli teknikler etkinlikte öğrenciler tarafından araştırılmalı ve bilgi edinmeli ve bunları laboratuvar ortamlarında test etmelidirler.

**B.** Green STEM program araçlarında, tasarım ve mühendislik süreci benzersiz bir şekilde desteklenir ve geliştirilir. Mühendislik tasarım süreçleri ve tasarım tabanlı öğrenme ile ilgili güncel metodolojiler ve yaklaşımlar, etkinlik akışlarında ve uygulama süreçlerinde açıkça tanımlanmıştır. "KONU A.5: Green STEM ve Yeşil Endüstride İşlerin ve Becerilerin Geleceği" başlığı altındaki teorik içerik, yeşil kariyerler içinde tasarım ve mühendislik mesleklerinin önemini kapsamlı bir şekilde vurgular. Green STEM modelinin yaygınlaştırma sürecinin bir parçası olarak düzenlenen atölye çalışmaları veya seminerler sırasında, TOPIC 8-14 ile ilgili Green STEM proje tasarımlarının etkinlik eserleri, sunumları ve tartışmaları tasarım ve mühendislik konusunda önemli bir tartışma konusu oluşturur. Öğretmenler için geliştirilen materyaller ve gözlem protokolleri, Gunbatar ve ark. (2022), Dare ve ark. (2021) ve Ong ve ark. (2023) tarafından geliştirilen yenilikçi tasarım ve mühendislik yöntemlerinden faydalanmıştır.

**C.** Green STEM program araçlarında bulunan laboratuvar çalışmaları ve süreçleri, öğrencilerin yeşil matematik, bilim ve mühendislik kavramlarını anlamalarını sağlayacak şekilde yeniliği destekler. Sorgulamaya dayalı öğrenme, laboratuvar süreçleri aracılığıyla öğrenmeye yönelik bir öğretim yaklaşımıdır. Green STEM programı için geliştirilen etkinliklerde, öğrenciler keşif ve üst düzey sorgulama (çoğunlukla açık sorgulama görevleri) yoluyla etkileşime girmeye teşvik edilir ve gerçek dünya bağlantıları kurulur. Öğretmenler için hazırlanan mesleki gelişim araçları, motivasyon sağlayıcı, yenilikçi, deneyci, araştırmacı, modelleyici ve öğrenen olarak ifade edilebilecek çeşitli rollerde öğretme sürecine rehberlik etmelerini teşvik eder (Crawford, 2000). Böylece, öğrencileri problem çözme ve deneyimsel öğrenmeye teşvik eden bir öğretim yaklaşımı benimsenir. Etkinliklerde, öğrencilerin Minner ve diğerleri (2010) tarafından tanımlandığı gibi, sorgulama, tasarlama, veri toplama, sonuçlara ulaşma veya öğrenmenin iletişimi gibi süreçlerden en az birinde aktif katılımları veya motivasyonları desteklenir:

- bilimsel içeriklerin varlığı,
- öğrencinin bilimsel içeriklere aktif katılımı,



- en azından sorgulama, tasarım, veri toplama, sonuçlara ulaşma veya iletişim süreçlerinden biri aracılığıyla öğrenme sorumlulukları, aktif katılımlarını veya motivasyonlarını destekler.

D. Green STEM program araçlarındaki proje etkinlikleri kanıta dayalı (veri odaklı) düşünmeyi destekler. Bu ayrıca Crismond & Adams (2012) ve IBL tarafından tanımlanan "Bilgilendirilmiş Tasarım Öğretimi ve Öğrenmesi" tarafından desteklenen bir yaklaşım sağlar. Öğrencilerin tasarımlarını değerlendirmeleri, gözden geçirmeleri ve iyileştirmeleri için kanıtlar kullanılır. Etkinlik akışlarına dahil edilen "Ürün/Çözümün Değerlendirilmesi", "İyileştirme" ve "Yansıtma/Paylaşma" aşamaları tam olarak bu amaç için tasarlanmıştır. Bu, öğrencilerin green STEM etkinliklerinde sundukları tasarımların tutarlı ve kesin (kullanılabilir) verilere sahip olmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Öğrenciler tasarımlarda elde edilen bilgilerin nasıl ve neden kullanıldığını gördüklerinde bir "evreka" anı yaşarlar. Bu aynı zamanda onlar için sonsuz bir tasarım döngüsü başlatır. Öğrenciler, gerçek kanıtlara ve gözlemlere dayalı olarak tasarımlarını sürekli olarak geliştirerek, yeniden değerlendirerek ve iyileştirerek yenilikçi nihai tasarımlara ulaşabilirler. Crismond ve Adams (2012), bilgilendirilmiş tasarım öğretimi ve öğrenme matrisi için etkinliklerinde benimsenebilecek bir anlayış için sunulan değerli bir araştırma yayınlamıştır.

#### ÖĞRETİM MATERYALLERİ VE İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ





## Örnek: Biomimikri NanoKumaşlar & Çevresel Endüstri Uygulamaları

### Yenilikçi Yeşil STEAM öğretim/öğrenme biriminin tanıtımı

<b>Eğitim seviyesi (öğrencilerin yaşı):</b> Orta Okul		
<b>Alan</b> Green STEM		
<b>Etkinlik Adı:</b> Biyomimikri NanoKumaşlar ve Çevresel Endüstri Uygulamaları		
<b>Kazanımlar:</b>		
<b>Fen Bilimleri Kazanımları:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Lotus etkisi aracılığıyla su itici kumaşların doğadaki örneklerini gözlemler,</li><li>Su itici kumaşlardaki nano teknolojinin prensiplerini öğrenerek malzeme bilimi ve nanoteknoloji konularında temel bilgiye sahip olur,</li><li>Su itici kumaşların özelliklerini anlama ve lotus etkisinin bilimsel temelini keşfetme için pratik deneyimler kazanır.</li></ul>		
<b>Mühendislik Kazanımları:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Nano su iticiliği kumaşların tasarımına odaklanarak mühendislikte problemleri çözer,</li><li>Tasarım düşüncesi, prototip oluşturma ve iyileştirme süreçlerini deneyimleme fırsatı sunarak mühendislik becerileri geliştirir.</li></ul>		
<b>Teknoloji Kazanımları:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Fikirleri somut kumaş prototiplerine dönüştürmek için çeşitli teknolojik araçlar ve malzemeler kullanarak teknoloji becerilerini geliştirir,</li><li>Su itici kumaşları değerlendirmek ve test etmek için teknolojik araçları kullanma deneyimi kazandırarak teknoloji becerilerini geliştirir.</li></ul>		
<b>Matematik Kazanımları:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Tasarım sürecinde ölçme, hesaplama ve veri analizi becerilerini kullanarak matematiksel düşünmeyi geliştirir,</li><li>Su itici kumaşların performansını değerlendirmek için kullanılan matematiksel yöntemleri anlar ve uygular.</li></ul>		
<b>Sanat Kazanımları:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Tasarım sürecinde yaratıcı düşünme ve estetik anlayışlarını kullanarak sanat becerilerini geliştirir,</li><li>Tasarım fikirlerini sanatsal bir şekilde ifade etme ve prototiplerini estetik açıdan iyileştirme fırsatı sunarak sanat becerilerini geliştirir.</li></ul>		
<b>İlgili GREEN STEM kazanımları</b>		
<b>GD2.</b> Temiz ve Döngüsel Ekonomi		
<b>GD2.d.</b> Tekstil ve Deri Sektörlerinde Sürdürülebilir Üretim ve Karbon Salımı ile Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar		
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Biyomimetik kavramı, Lotus etkisi, Nano su iticiliği, Nano hidrofobik kumaşlar		
<b>Araçlar:</b>	Çalışma Kağıdı 1, 2 ve 3	Balmumu, vazelin, kumaş mumu, süperhidrofobik kaplama (Spray), Farklı kumaşlar, Test malzemeleri (örneğin, plastik şişeler, süngerler, damlalar, tahta çubuklar, ölçüm ekipmanları vb.)
<b>Öğrenciler için kaynaklar:</b>		
Arabacıoğlu, S. (2022). Can nanotechnology keep us dry in the rain: An inquiry-based activity to help students improve their investigation skills. <i>International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)</i> , 6(3), 410-426. <a href="https://doi.org/10.46328/ijtes.395">https://doi.org/10.46328/ijtes.395</a>		
<b>Öğretmenler için kaynaklar:</b>		
Arabacıoğlu, S. (2022). Can nanotechnology keep us dry in the rain: An inquiry-based activity to help students improve their investigation skills. <i>International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)</i> , 6(3), 410-426. <a href="https://doi.org/10.46328/ijtes.395">https://doi.org/10.46328/ijtes.395</a>		



- Blonder, R., & Mamlok-Naaman, R. (2016). Learning about teaching the extracurricular topic of nanotechnology as a vehicle for achieving a sustainable change in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(3), 345–372. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9579-0>
- Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: A review of the literature. *Research in Science and Technological Education*, 30(3), 271–284. <https://doi.org/10.1080/02635143.2012.732058>
- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science and Technological Education*, 38(4), 377–395. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783>
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, 38(3), 521–538. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1152518>

<b>Öğretim Yöntemleri:</b>	Probleme Dayalı Öğrenme, Sorgulayıcı-araştırma, Proje Tabanlı Öğrenme, Tasarım Düşüncesi ve Mühendislik Tasarımı, (Hands-on Bilim) Uygulamalı Öğrenme, Teknoloji Destekli Öğrenme.
----------------------------	--

#### Yeşil STEAM öğretim/öğrenim birimi senaryosu

Aşama	Gereken Süre	Öğretmen Etkinliği	Öğrenci Etkinliği
<b>Bilinenleri ve Deneyimleri Hatırlama</b>	30 dk	<p>Öğretmen, öğrencilerin dikkatini çekmek ve konuyu tanıtmak için ilginç bir soru veya hikaye ile başlayabilir. Örneğin, yağmurlu bir günde ne tür zorluklarla karşılaştığınızı veya yağmur altında nasıl hissettiğinizi öğrencilere sorar. Ardından su itici kumaşların ne olduğunu ve nasıl çalıştığını öğrencilere açıklayabilir. Bu kumaşların özelliklerini ve faydalarını anlatarak, öğrencilerin konuyu daha iyi anlamasını sağlar. Su itici kumaşların farklı uygulama alanlarını örneklerle açıklayarak, öğrencilerin bu kumaşların günlük hayattaki önemini anlamalarına yardımcı olur. Su itici kumaşların örneklerini getirerek veya görsellerle destekleyerek, öğrencilere daha somut bir fikir verir.</p>	<p>Öğrenciler, yağmurlu havalarda ne tür deneyimler yaşadıklarını ve yağmurla temas ettiklerinde suyun nasıl davrandığını paylaşabilirler. Bu deneyimler üzerinden bir tartışma başlatılır. Öğrencilere, su itici kumaşların neden ve nasıl işe yaradığını anlamaları için sorular sorulur. Örneğin, su iticiliği kumaşlar hangi özelliklere sahiptir? Su iticiliği kumaşların ne gibi avantajları vardır? Öğrenciler, su itici kumaşların farklı uygulama alanlarını araştırabilirler. Örneğin, yağmurluklar, spor giyimleri, açık hava malzemeleri gibi. Su itici kumaşların işlevselliği ve konforunu artırmadaki önemini gruplar halinde tartışabilirler. Her grup, belirli bir uygulama alanını ele alabilir ve bu kumaşların ne gibi</p>



			avantajlar sağladığını tartışırlar.
Araştırılması Gerekenler	1 Saat	<p>Öğrencilere Nilüfer, Taro, Lahanagiller, Kadın Terliği, Zencefil ve Bahçe gülü yapraklarından temin etmeleri söylenir. Bir büyüteç altında yaprakları yakından incelemeleri istenir.</p> <p>Gözlemedikleri desenler veya yapılar hakkında konuşmalarını sağlanır.</p> <p>Öğrencilerden bir damla suyu yaprak yüzeyine koymaları istenir. Su damlalarının davranışını gözlemlemeleri ve nasıl davrandığını açıklamaları istenir. Farklı bitki yapraklarının su damlalarının davranışlarını karşılaştırmaları sağlanır ve olası nedenleri tartışmaları teşvik edilir.</p> <p>Öğrencilere gözlemlerini ve deney sonuçlarını <b>Çalışma Yapağı 1</b>'e kaydetmek üzere teşvik edilir. Belirli sorular çerçevesinde araştırmaları daha da derinleştirmeleri teşvik edilir.</p> <p>Lotus yapraklarının yüzeyinde bulunan mikro/nano yapıları tanımlamaları istenir ve su itici rolünü tartışmaları sağlanır. Nano yapıların su damlaları ile yaprak yüzeyi arasındaki temas alanını nasıl azalttığını düşünmeleri istenir. Lotus yaprağının yüzeyinde su damlalarının neden neredeyse küresel şekiller oluşturduğunu tartışmaları sağlanır ve yayılma engelleri ele alınır.</p> <p>Lotus yaprağının yüzey özelliklerini taklit etmenin günlük hayattaki potansiyel uygulamalarını tartışmaları teşvik edilir. Doğada lotus yaprağı gibi suyu itici stratejilere sahip başka</p>	<p>Belirtilen bitki türlerinden temin edilen yaprakları bir büyüteç altında inceler.</p> <p>Gözlemediği desenler veya yapılar hakkında notlar alır.</p> <p>Bir damla suyu yaprak yüzeyine koyar. Su damlalarının davranışını gözlemler ve ne olduğunu açıklar. Farklı bitki yapraklarının su damlalarının davranışlarını karşılaştırır ve farklılıkları tartışır. Gözlemlerini ve deney sonuçlarını <b>Çalışma Yapağı 1</b>'e kaydeder.</p> <p>Belirli sorular çerçevesinde araştırmalarını derinleştirir ve tartışır. Mikro/nano yapıları tanımlar ve su itici rolünü tartışır. Yaprak yüzeyindeki su damlalarının şeklini ve davranışını inceler ve nedenlerini düşünür.</p> <p>Lotus yaprağının özelliklerini taklit etmenin pratik uygulamalarını düşünür. Doğada su itici stratejilere sahip başka bitki örnekleri var mı diye araştırır.</p>



		örnekler olup olmadığını araştırmaları teşvik edilir.	
<b>Çözüm Üretme-Tasarlama:</b>	1 Saat	<p>Öğrencilere kendi nano hidrofobik kumaşlarını tasarlamak için gruplar halinde beyin fırtınası yapmalarını sağlanır. Her grup, farklı tasarım fikirleri ve özelliklerini tartışarak beyin fırtınası yapar. Öğrencilerin farklı perspektiflerden fikir alışverişi yapmalarını teşvik eder.</p> <p>Öğrenciler gruplar halinde <b>Çalışma Yapağı 2</b>'yi doldurmak için teşvik edilir. Öğrencilerin tasarım fikirleri ve özelliklerini belirlemelerine yardımcı olunur ve tasarım süreci yönlendirilir.</p>	<p>Öğrenciler gündelik yaşamdaki potansiyel uygulamaları düşünmeleri için örnekleri tartışır.</p> <p>Örneğin, yağmurluklar, suya dayanıklı çantalar veya kendi kendini temizleyen yüzeyler gibi ürünlerin nasıl kullanılabileceğini tartışmaları sağlanır.</p> <p>Öğrencilere tasarladıkları ürün için kullanacakları malzemeleri seçme özgürlüğü verilir.</p> <p>Öğrenciler balmumu, süperhidrofobik kaplama, farklı kumaşlar gibi malzemeler arasından seçim yaparlar. Seçtikleri malzemelerle basit bir prototip oluştururlar. Bu prototip tasarımın nasıl işlediğini görmeleri ve geliştirmeler yapmaları için yardımcı olur.</p> <p>Tasarım sürecinde aşağıdaki tasarım kriterlerine odaklanılır:</p> <p><b>Tasarım Kriterleri:</b></p> <p>Tasarım malzeme seçimi ve kullanımında çevresel etkileri azaltmaya ve sürdürülebilirlik ilkelerine odaklanılır.</p> <p>Tasarım potansiyel gerçek yaşam uygulamalarına yönelik planlanır (Örn. yağmurluklar, su geçirmez çantalar veya kendi kendini temizleyen yüzeyler vb.)</p> <p>Ürününün basit prototiplerini çevreci malzemeler ile oluşturur (örneğin, balmumu, vazelin, parafin, vaks,</p>



			süper hidrofobik kaplama, farklı kumaşlar (tüy, paraşüt, koltuk kaplama) vb.).
<b>Prototip Oluşturma ve Test Etme:</b>	1 Saat	<p>Öğrencilere çeşitli kumaş örnekleri, sprey kaplamalar, fırçalar gibi gerekli malzemeleri sağlanır. Kendi fikirlerini gerçeğe dönüştürmek için bu malzemeleri kullanmaları konusunda teşvik edilirler. Fikirlerini somutlaştırmak için rehberlik edilir ve gerektiğinde destek sağlanır. Öğrenciler prototip oluşturma sürecini adım adım belgelemeleri için <b>Çalışma Yaprağı 3'</b>ü doldurmaya teşvik edilir. Öğrencilerin her adımda neler yaptıkları, hangi malzemeleri kullandıkları ve hangi sonuçları elde ettiklerini not almaları teşvik edilir.</p> <p><b>Su İticilik Testleri:</b></p> <p>Öğrencilere geliştirdikleri kumaş prototiplerinin su iticiliğini test etme ve sonuçları değerlendirme fırsatı sunar. Bunun için kumaş prototiplerinin su iticiliğini test etmek için çeşitli deneyler planlamaları için bir rehberlik edilir. Öğrencilere su bazı deneylerin nasıl yapılacağı konusunda genel bilgi verilir ve kontrollü deney uygulamalarına vurgu yapın. Öğrenciler deneyler sırasında aldıkları verileri, gözlemleri ve sonuçlarını kaydetmelerini teşvik edilir. Kumaş prototiplerinin performansını normal kumaş örnekleriyle karşılaştırmaları ve sonuçları analiz etmeleri sağlanır.</p>	<p>Öğrencilere kendi fikirlerini somut prototiplere dönüştürür ve test eder. Bunun için çeşitli kumaş örnekleri, sprey kaplamalar, fırçalar gibi gerekli malzemeleri kullanırlar. Kendi fikirlerini kullanarak prototipler oluşturur ve <b>Çalışma Yaprağı 3'</b>ü doldurur. Her adımda neler yaptıklarını, hangi malzemeleri kullandıklarını ve hangi sonuçları elde ettiklerini not alırlar.</p> <p>Su İticilik Testleri:</p> <p>Öğrenciler kendi kumaş prototiplerinin su iticiliğini test etme ve sonuçları değerlendirme fırsatı bulurlar. Su bazı deneylerin nasıl yapılacağı konusunda genel bilgi edinir ve kontrollü deney planlarlar. Deneyler sırasında aldıkları verileri, gözlemleri ve sonuçlarını kaydederek. Kumaş prototiplerinin performansını normal kumaş örnekleriyle karşılaştırır ve sonuçları analiz ederler.</p>
<b>Ürün Tanıtma, Tartışma ve Değerlendirme:</b>	30 dk	Nano hidrofobik kumaş prototiplerini tanıtmak için bir sunum hazırlamaya teşvik	Her öğrenci veya grup kendi prototiplerini uygun Web 2.0 aracı



		<p>edilir. Bunun için kullanabilecekleri Prezi, Powerpoint, Canva gibi çeşitli Web 2.0 araçlarından birine karar vermeleri istenir.</p> <p>Öğrenciler sunumda aşağıdaki konularda paylaşımda bulunmak üzere teşvik edilir:</p> <p>Sınıfa prototipleri tanıtmak ve kullanılan biyomimikri prensipleri üzerinde durmak, Uygulanan test sonuçlarını sunmak ve her tasarımın etkinliği hakkında kanıtlar sunmak,</p> <p>Karşılaşılan zorlukları ve su itici kumaşlar hakkındaki öğrenilenleri paylaşmak. Değerlendirme amacıyla öğrenciler;</p> <p>Diğer grupların tasarımlarıyla öğrencilerin prototiplerini karşılaştırmaları, Hangi biyomimikri yaklaşımın daha etkili olduğunu değerlendirmek, Prototipleri nasıl geliştirebilecekleri üzerine öneriler sunmaya, Biyomimikri prensiplerini daha etkin şekilde nasıl kullanabilecekleri üzerine tartışmaya yönlendirilir.</p>	<p>üzerinden sunar. Kullanılan biyomimikri prensipleri hakkında detaylı bilgi verir. Sınıf içinde diğer öğrencilerin prototipi inceler. Her prototipin avantajlarını ve dezavantajlarını tartışır.</p> <p>Biyomimikri prensiplerinin uygulanmasında karşılaşılan zorluklar hakkında fikir alışverişinde bulunur. Diğer grupların tasarımlarını inceler ve kendi prototipleri ile karşılaştırır. Hangi özelliklerin daha başarılı olduğunu belirler. Diğer gruplardan aldığınız geri bildirimlere dayanarak prototiplerini nasıl iyileştirebileceğinizi tartışır. Biyomimikri prensiplerini nasıl daha etkili bir şekilde uygulayabileceği hakkında tahminler ortaya koyar.</p>
--	--	--	--



## Örnek: Atmosferik Su Hasadı

Yenilikçi Yeşil STEAM öğretim/öğrenme biriminin tanıtımı

<b>Eğitim Seviyesi:</b> Orta Okul –Lise
<b>Alan:</b> Green STEM
<b>Etkinlik Adı:</b> Atmosferik Su Hasadı
<b>Program Kazanımları:</b> <b>Fen Bilimleri Kazanımları</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Öğrenciler su döngüsünü anlarlar(Anlama)</li><li>-Öğrenciler, yoğunlaşma yoluyla havadan su eldesi kavramını anlarlar (Anlama)</li><li>-Öğrenciler su tasarrufunun önemini öğrenir ve sürdürülebilir su çözümlerini keşfeder(Kavrama).</li><li>-Prototipin daha verimli olmasını sağlamak için temel fen bilimleri prensiplerini uygularlar(Uygulama)</li><li>-Atmosferden su elde etme metotlarını değerlendirir(Değerlendirme)</li></ul> <b>Mühendislik Kazanımları:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Öğrenciler havadan su toplamak için model bir cihaz tasarlar ve yapar.</li><li>-Tasarım ve yapım sürecinde öğrenciler eleştirel düşünme, problem çözme ve takım çalışması becerilerini kullanır.</li><li>-Aracın veriminin nasıl hesaplanacağını öğrenir.</li></ul> <b>Teknoloji Kazanımları:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Öğrenciler, sensörler ve veri toplama cihazları(terazi, termometre, vb.) kullanarak havada ve prototipteki nem oranını ölçer ve analiz eder.</li><li>- Öğrenciler, farklı atmosferik su hasadı teknolojilerini ve kullanımını öğrenir.</li><li>- Öğrenciler, model cihazlarını sınıfa sunar (infografik, grafik gibi unsurlarla) ve açıklayarak atmosferden su eldesini kavradıklarını gösterir.</li></ul> <b>Matematik Kazanımları:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Bölgelerindeki kuraklığı bölgesel yağış miktarı-ay grafiği şeklinde veya benzer grafiklerle gösterir.</li><li>-Öğrenciler, bölgedeki su talebini matematiksel modellerle analiz ederek ve ihtiyaç olunan su hasadı cihazının sağlaması gereken su miktarını hesaplar.</li><li>-Aracın verimini hesaplarlar.</li></ul> <b>Sanat Kazanımları:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Öğrenciler, su hasadı cihazının tasarımında estetik değerlere dikkat eder ve prototipi geliştirirken yaratıcı, ilgi çekici unsurları kullanır.</li></ul> <b>Girişimcilik</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Toplumsal ihtiyaçları belirleyerek bunları karşılayacak yenilikçi fikirler üretir.</li><li>-Geliştirdikleri ürünün tanıtımını yapmak için kitlesel iletişim yollarını kullanır.</li><li>-Görsel, yazılı ve sözlü iletişim yöntemlerini kullanarak fikirlerini ve bulgularını profesyonel hedef kitleye açık ve tutarlı olarak ifade eder ve tartışır.</li></ul> <b>Green STEM kazanımı:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Toplumsal ihtiyaç ya da problemlere çözüm için çevre üzerindeki insan etkisini azaltmak amacıyla çevre-dostu yeşil bilim uygulamalarını önerir.</li></ul> <b>21. YY Becerileri</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Problem çözme becerilerini geliştirir.</li><li>-İşbirlikli çalışma becerilerini geliştirir.</li><li>-Çevreye ve yaşadığı dünyaya duyarlılığı artar.</li></ul>



**BİLİMİN (YA DA BİLİMSEL SORGULAMANIN) DOĞASI:**

-Kaynaklardan elde edilen geçerli ve güvenilir veriler veya delillere (öğrencilerin kendi deneyleri dahil) dayalı olarak bilimsel açıklamalar oluşturur veya açıklamaları revize eder.

-Probleme çözüm bulmak ve veriler elde etmek için bir araştırma yürütür ve/veya deney tasarımını değerlendirir ve/veya revize eder.

**İlişkilendirilebilecek Yeşil Mutabakat (Green Deal) Stratejileri:**

GD1. İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik: İklim Değişikliği, Karbon salımı ve Sera Gazı Emisyonlarının Düzenlenmesi Amacı

**Teorik Bilgilendirme**

Su kıtlığı, dünya çapında birçok yeri etkilemekte olan önemli bir küresel sorundur. Su kıtlığı, nüfusun temel su gereksinimlerini karşılamasını zorlaştıran tatlı su kaynaklarının kıtlığını ifade eder. Bu kıtlık, hem doğal hem de insan etkileri dâhil olmak üzere çeşitli şeylerden kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği, düzensiz yağışlara ve uzun süreli kuraklıklara neden olarak su kıtlığını arttırmıştır. Ayrıca nüfus artışı, su yönetimindeki yetersizlikler ve kirlilik bu sorunu daha da ağırlaştırmaktadır. Günümüzde Afrika, Orta Doğu ve Asya'nın bazı bölgeleri de dâhil olmak üzere birçok kurak ve yarı kurak ülkede su kıtlığı yaşanmaktadır. Bu alanlar, temiz suya ulaşma konusunda önemli sıkıntılar yaşamakta ve bu da besin güvenliğinin ve halk sağlığının bozulmasına, tarımsal kısıtlamalara ve sosyoekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Su kıtlığını ele alma çabaları, sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin uygulanmasını, su koruma uygulamalarının teşvik edilmesini ve su arıtma ve tuzdan arındırma teknolojilerine yatırım yapmayı içermektedir.

Atmosferik su hasadı olarak da bilinen havadan su eldesi, kullanılabilir su elde etmek için atmosferden nemin çekilmesini içeren bir süreçtir. Bu yenilikçi yaklaşım, su kıtlığı sorununu ele almakta ve tatlı su kaynaklarına sınırlı erişimi olan bölgeler için potansiyel bir çözüm sunmaktadır. Havadan su elde etme için, yoğunlaştırma, çiğ toplama, sis toplama ve atmosferik su üreteçleri (AWG'ler) gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Yoğuşma, su buharının sıvı forma yoğunlaşmasını sağlamak için havanın soğutulması anlamına gelir. Çiğ toplayıcılar, gece boyunca oluşan çiğ damlacıklarını yakalamak için geniş yüzeyler kullanır. Sis toplayıcılar, geçen sisten su damlacıklarını yakalamak için ağlar kullanır. AWG'ler, havadan su buharını çıkarmak için soğutma veya kurutma yöntemlerini kullanır ve bu daha sonra içilebilir su üretmek için yoğunlaştırılır ve filtrelenir. Bu yöntemler, tatlı su kaynakları oluşturmak için havada bulunan nemi kullandıklarından, kurak, yarı kurak veya kıyı bölgelerinde sürdürülebilir su temini için umut verici fırsatlar olarak görülmektedir. Atmosferik su hasadında devam eden araştırma ve teknolojik gelişmeler, dünya çapında su kıtlığı sorunlarını hafifletmek için büyük bir potansiyele sahiptir.

**Anahtar Sözcükler:**

İklim değişikliği, su kıtlığı, atmosferik su hasadı, yoğuşma, nem, çiğ, sis, biyomimikri, pasif soğutma yöntemleri, yüzeyinde yoğuşum meydana gelen maddeler

**Öğrenme Araçları:**

Çalışma Yaprakları(3 adet)  
Bilgi Kartları  
Dijital Araçlar

**Kullanılacak Araç-Gereç ve Malzemeler:**

Beyaz kağıtlar, Renkli kalemler, Multimedya gösterimleri için dizüstü bilgisayar ve projektör, İnşaat malzemeleri (ör. plastik şişeler, süngerler, lastik bantlar, farklı delikli kumaşlar, makas, bant, yapıştırıcı, tahta çubuklar, karton kutular, mukavva vb.), Termometreler, Higrometre, Su buharı difüzörü, Su püskürtme şişesi, Su





toplamak için bardaklar veya kaplar,  
Yüzeyinde yoğunlaşım gerçekleşecek farklı  
maddeler, Ayna, Metal Parçası

#### Öğretmenler için Kaynaklar

Zorunlu:

BİLDİREN, Ş., & SARGINCI, M. (2022). İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Gelişen Su Sıkıntısına Alternatif Bir Çözüm Önerisi: Atmosferik Su Hasadı. *Düzce Üniversitesi Sığ ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi*, 1(1), 21-35.

Sleiti, A. K., Al-Khawaja, H., Al-Khawaja, H., & Al-Ali, M. (2021). Harvesting water from air using adsorption material-Prototype and experimental results. *Separation and Purification Technology*, 257, 117921.

Villacrés, D. C., Carrera Villacrés, J. L., Braun, T., Zhao, Z., Gómez, J., & Carabalí, J. Q. (2020). Fog harvesting and IoT based environment monitoring system at the Ilalo volcano in Ecuador. *International journal on advanced science, engineering and information technology*, 10(1), 407-412.

Verbrugge, N., & Khan, A. Z. (2023). Water harvesting through fog collectors: a review of conceptual, experimental and operational aspects. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 18, 392-403.

Jarimi, H., Powell, R., & Riffat, S. (2020). Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 15(2), 253-276.

Bilal, M., Sultan, M., Morosuk, T., Den, W., Sajjad, U., Aslam, M. M., ... & Farooq, M. (2022). Adsorption-based atmospheric water harvesting: A review of adsorbents and systems. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 133, 105961.

ekstra:

Aşağıda bölgemizde yaşanan kuraklık ve kuraklığın etkilerini içeren web sitelerinin linkleri verilmiştir. Tasarımınızda yol gösterici olarak kullanılabileceğinden öncelikle bu siteleri okumanız önerilmektedir:

<https://www.cnnturk.com/turkiye/kesanda-2-5-aylik-su-kaldi-kararlara-uymayanlara-ceza?page=6>

<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/trakyada-kuraklik-ayciceginde-buyuk-verim-kaybina-neden-oldu/3025824>

<https://www.hurriyet.com.tr/qundem/edirne-kuraklik-alarmi-belediye-baskani-barajin-ortasindan-caqri-yapti-42346675>

[https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/kuraklik-35-yildir-tarim-arazisinin-sulandigi-goleti-de-vurdu,Bp9Q9Jrli0m-tl6LmXQWuq/LSlq7PJ8lkCXx7u\\_GkQsLw](https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/kuraklik-35-yildir-tarim-arazisinin-sulandigi-goleti-de-vurdu,Bp9Q9Jrli0m-tl6LmXQWuq/LSlq7PJ8lkCXx7u_GkQsLw)

<https://www.edirne.bel.tr/icerik/baskan-qurkan-son-63-yilin-en-kurak-subat-ayini-gecirdik>

<https://www.cumhuriyet.com.tr/turkiye/meteorolojinin-verileri-qozler-onune-serdi-edirne-korkutan-goruntu-ciftci-ekim-yapamadi-1997363>

<https://www.haberturk.com/edirne-haberleri/32896574-edirne-kuraklik-kanola-ekimini-olumsuz-etkiledi>

#### Öğrenciler için Kaynaklar

zorunlu:

BİLDİREN, Ş., & SARGINCI, M. (2022). İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Gelişen Su Sıkıntısına Alternatif Bir Çözüm Önerisi: Atmosferik Su Hasadı. *Düzce Üniversitesi Sığ ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi*, 1(1), 21-35.

Sleiti, A. K., Al-Khawaja, H., Al-Khawaja, H., & Al-Ali, M. (2021). Harvesting water from air using adsorption material-Prototype and experimental results. *Separation and Purification Technology*, 257, 117921.

Villacrés, D. C., Carrera Villacrés, J. L., Braun, T., Zhao, Z., Gómez, J., & Carabalí, J. Q. (2020). Fog harvesting and IoT based environment monitoring system at the Ilalo volcano in



Ecuador. *International journal on advanced science, engineering and information technology*, 10(1), 407-412.

Verbrugghe, N., & Khan, A. Z. (2023). Water harvesting through fog collectors: a review of conceptual, experimental and operational aspects. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 18, 392-403.

Jarimi, H., Powell, R., & Riffat, S. (2020). Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 15(2), 253-276.

Bilal, M., Sultan, M., Morosuk, T., Den, W., Sajjad, U., Aslam, M. M., ... & Farooq, M. (2022).

Adsorption-based atmospheric water harvesting: A review of adsorbents and systems. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 133, 105961.

ekstra:

--Aşağıda bölgemizde yaşanan kuraklık ve kuraklığın etkilerini içeren web sitelerinin linkleri verilmiştir. Tasarımınızda yol gösterici olarak kullanılabileceğinden öncelikle bu siteleri okumanız önerilmektedir--.

<https://www.cnnturk.com/turkiye/kesanda-2-5-aylik-su-kaldi-kararlara-uymayanlara-ceza?page=6>

<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/trakyada-kuraklik-ayciceginde-buyuk-verim-kaybina-neden-oldu/3025824>

<https://www.hurriyet.com.tr/qundem/edirne-kuraklik-alarmi-belediye-baskani-borajin-ortasindan-caqri-yapti-42346675>

[https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/kuraklik-35-yildir-tarim-arazisinin-sulandigi-goleti-de-vurdu,Bp9Q9JrIj0m-tL6LmXQWuq/LSlq7PJ8lkCX7u\\_GkQsLw](https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/kuraklik-35-yildir-tarim-arazisinin-sulandigi-goleti-de-vurdu,Bp9Q9JrIj0m-tL6LmXQWuq/LSlq7PJ8lkCX7u_GkQsLw)

<https://www.edirne.bel.tr/icerik/baskan-qurkan-son-63-vilin-en-kurak-subat-ayini-gecirdik>

<https://www.cumhuriyet.com.tr/turkiye/meteorolojinin-verileri-qozler-onune-serdi-edirne-de-korkutan-qoruntu-ciftci-ekim-yapamadi-1997363>

<https://www.haberturk.com/edirne-haberleri/32896574-edirne-kuraklik-kanola-ekimini-olumsuz-etkiledi>

#### Öğretim Yöntemleri:

Probleme dayalı öğrenme, sorgulamaya dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, tasarım, biyomimikri, mühendislik tasarımı

#### Yeşil STEAM öğretim/öğrenim birimi senaryosu

Aşama	Gerekli Zaman	Öğretmenin Yapması Gerekenler	Öğrencilerin Yapması Gerekenler
Problemi Tanımlama	1 saat	<p>Atmosferden su hasadı için bir prototip geliştirmeyi hedefleyen etkinliğe EK 1'de verilen dosya sınıfta tahtaya yansıtılarak derse, suyun önemini ve su ktlığının zorluklarını tartışarak başlamanız önerilir. (Bunun yanı sıra, istenilirse su ktlığını ve bunun topluluklar üzerindeki etkilerini gösteren görseller veya filmler gösterilebilir.)</p> <p>-Öğrencilerden yaşadıkları bölgede yaşanan su ktlığına ve bunun toplumdaki etkilerine örnekler vermesi beklenir.</p>	<p>-Öğrenciler yaşadıkları bölgede yaşanan su ktlığına ve bunun toplumdaki etkilerine örnekler verir.</p> <p>- Temiz su elde etmenin yollarını tartışır</p> <p>- Havadan su hasadı kavramını tartışır.</p> <p>- 2-3 kişilik gruplara ayrılırlar.</p> <p>-Problem durumu verilir ve öğrencilerin kendi aralarında konuşmalarına fırsat verilerek problemi</p>



		<ul style="list-style-type: none"><li>-Sunum ilerledikçe temiz su elde etmenin yollarını tartışılır</li><li>- Su kütliğine potansiyel bir çözüm olarak havadan eldesi kavramını tartışılır.</li><li>-Sınıfın yoğunlaşmayı öğreneceğini ve havadan su toplamak için bir model cihaz tasarlayacağını açıklanır.</li><li>-Etkinlik için öğrenciler 2-3 kişilik gruplara ayrılır.</li><li>-Problem öğrencilere tahtaya yansıtılarak ve çalışma kağıdına basılı şekilde öğrencilere verilir.</li><li>-Atmosferik su hasadının farklı yöntemleri aşağıda belirtilen planda sadece <b>pasif soğutma teknolojilerine</b> odaklanılması süreci iyi idare edebilmek için önerilmektedir. Süre kısıtlaması olmadığı durumlarda atmosferik su hasadı teknolojilerinin hepsine odaklanılabilir.</li><li>-Atmosferik su hasadı teknolojilerinin her biri için kartlar oluşturularak baskı alınır. (Kartlar EK 2’de verilmiştir)</li><li>-Grupların atmosferik su hasadı yöntemlerinden birini kura yolu ile seçip onun üzerine odaklanmaları sağlanır.</li><li>- Etkinlikte öğrencilerin özetlenen problem durumunu anlamaları hedeflenir ve öğrenci deneyimlerini pekiştirmek için <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1’de Bilinenleri ve Deneyimleri Hatırlama</b> alt başlığındaki sorular üzerine düşünceleri teşvik edilir.</li></ul>	<p>anlayıp anlamadıklarına dair görüşleri alınır.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Gruplar atmosferik su hasadı teknolojilerinden birini kura yolu ile seçer ve o t.eknolojiye uygun şekilde prototip hazırlamaları istenir</li><li>-Problem durumuna ilişkin bilinenler ve ortaya çıkan görüşler grup olarak problemin de yazılı olarak verildiği <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1’e</b> kaydedilir.</li></ul>
Hatırlama ve Araştırma	1 saat	<p>Öğrencilerin sorun ve olası çözüm(ler)e yönelik ön bilgilerini ortaya çıkarmak amacıyla bildiklerini ve deneyimlerini, <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1’deki Bilinenleri ve Deneyimleri Hatırlama</b></p>	<p>Problem durumuna yönelik olarak <b>Bilinenleri ve Deneyimleri Hatırlama</b> kısmında verilen sorulara ilişkin bilgi ve deneyimler grup halinde <b>Öğrenci</b></p>



		<p>kısmında bulunan aşağıdaki sorular çerçevesinde yazmaları istenir.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kuraklık nedir? Kuraklığa sebep olan etkiler nelerdir?</li><li>- Belirli bir bölgede meydana gelen kuraklık nelere sebep olmuş olabilir?</li><li>- Kuraklığın çevre, tarım ve insanlar üzerindeki etkileri neler olabilir?</li><li>- Kuraklık, tarım ürünlerini nasıl etkiliyor? Bulunduğunuz bölgede hangi tarım ürünleri en çok etkileniyor?</li><li>- Kuraklıkla mücadele etmek için hangi çözümler önerilebilir?</li><li>- Kuraklıkla başa çıkmak için bireylerin veya toplumların neler yapabileceği konusunda hangi önerilerde bulunabilirsiniz?</li><li>- Yoğuşma nedir? Nasıl gerçekleşir?</li><li>- Atmosferde su buharı oluşumunu etkileyen faktörler hangileridir?</li></ul> <p><b>Araştırılması Gerekenler</b></p> <p>başlığında ise öğrenciler, problem çözüm bulmak için hangi sorulara cevap bulmaları gerektiği üzerine düşünmeye teşvik edilir. Örneğin,</p> <p>Atmosferden su hasadı nasıl yapılır? Hangi yöntemler ve teknolojiler kullanılabilir?</p> <p>- Atmosferden su hasadının çevresel ve toplumsal faydaları nelerdir?</p> <p>- Atmosferden su elde etmenin zorlukları veya sınırlamaları var mıdır?</p> <p>gibi soruların cevaplarını araştırarak <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1'e</b> kaydetmeleri istenir.</p> <p>Kullandıkları kaynaklara yer vermeleri konusunda uyarılır.</p>	<p><b>Çalışma Yaprağı 1'e</b> kaydedilir.</p> <p><b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1'de</b> araştırılması gereken sorulara gerekli araştırmalar yaparak bulunan cevaplar uygun yerlere kaydedilir. Hangi kaynaktan yararlanıldığı belirtilir.</p>
	2 saat	<p><b>Çözüm Üretme-Ürün Tasarlama</b> aşamasında,</p>	<p>Verilen tasarım kriterleri ve teknoloji çerçevesinde</p>



Ürün Tasarlama ve Oluşturma	<p>öğrencilerin tasarlaması istenen ürünün taşınması gereken özellikler, tasarım kriterleri olarak <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>de verilir.</p> <p><b>Tasarım Kriterleri:</b></p> <p><b>Hava Koşulları ve İklim Şartları:</b> Bölgenizin iklim koşullarını inceleyerek, su hasadı için uygun olan zaman ve yerleri belirleyiniz. (Bölgeniz için çizeceğiniz alınan yağış-ay grafiği size fikir verecektir)</p> <p><b>Su İhtiyacı:</b> Bölgenizdeki su ihtiyacını belirleyerek bu ihtiyacı karşılayacak miktarda su üretimini hedefleyiniz.</p> <p><b>Taşınabilirlik ve Kolay Kurulum:</b> Prototipin kurulumun kolay olması ve taşınabilir olması farklı yerlerde farklı zamanlarda kullanım için esneklik sağlayacağından hedeflenmelidir.</p> <p><b>Tasarruf ve Verimlilik:</b> Daha az enerji harcayarak daha fazla su üretebilmek hedeflenmelidir.</p> <p><b>Malzeme Seçimi ve Maliyet:</b> Sürdürülebilir ve maliyet açısından uygun malzemeleri seçmeyi hedefleyin. (Yoğuşma hangi geometride ve hangi malzemede daha fazla olur? Hangi malzemelerin su tutma kapasitesi yüksektir? Hangi malzemeler adsorbandır? Araştırın)</p> <p><b>Güvenirlilik ve Çevresel Etkiler:</b> Aracın çevreye zararlı etkilerini minimumda tutacak tasarım hedefleyin.</p> <p>Öğrencilere tasarım kriterleri üzerinde açıklama yapılır. Öğrencilerden tasarım kriterlerini ve seçtikleri teknolojiyi göz önünde bulundurarak ve beyin fırtınası yaparak problem için düşündükleri farklı fikirleri ortaya koymaları beklenir. Her</p>	<p>problem çözüm olarak düşünülen tüm fikirler ortaya konarak <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>ye kaydedilir. Grupa halinde tartışarak, fikirler arasından en uygun olanı seçilir.</p> <p>Seçilen fikrin uygulanması için gerekli malzemeler belirlenir.</p> <p>Ürünün ürünün tasarımı ayrıntılı bir şekilde yazarak anlatılır ve ayrıca bir mühendis gibi ölçüleriyle çizimi yapılır.</p>
-----------------------------------	---	--



		<p>grubun eskizlerini gözden geçirin ve gerekirse yönlendirmeler yapın. Modeli tasarlarken yüzey alanı, yalıtım, hava akışı ve yağışmayı toplama gibi faktörlerin önemini hatırlatın. Öğrencilere çözüm için birden çok doğru yolun olabileceğini farkettilerin. Tüm fikirlerini <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>ye kaydetmelerini sağlayın.</p> <p>Sonrasında ise öğrenciler, oluşan fikirler arasından en uygun olanını seçerek prototip geliştirmek üzere kullanması için yönlendirilir. Karar verme becerilerini geliştirmek amacıyla "fikirlerden hangisini kullanmaya karar verdiniz, neden?" sorusu yöneltilerek düşünceleri sağlanır. Bu aşamada öğrencilerden beklenen, tasarım kriterleri dahilinde nasıl bir prototip yapacaklarına karar vermeleridir.</p> <p>Seçilen fikrin uygulanması için gerekli malzemeleri belirlemeleri teşvik edilir. Etkinlik için gereken tüm malzemeler önceden hazırlanır ve toplu şekilde öğrencilere sunulur.</p> <p>Öğrencilerden ürünün tasarımını ayrıntılı bir şekilde yazarak anlatmaları ve bir mühendis gibi ölçüleriyle çizimleri istenmelidir.</p>	
<b>Prototip Oluşturma ve Test Etme</b>	5 saat	<p><b>Prototip Oluşturma ve Test Etme</b> aşamasında öğrencilerin planlarını uygulayarak ve uygun malzemeleri kullanarak ürünün prototipini oluşturmaları için yönlendirilir. Çıkan ürünü test etmeleri istenir. Bu süreçte;</p> <p>-Öğrencilere prototipte gerçekleşecek yağışma miktarını nasıl tespit edecekleri sorulur. (Öğrenciler prototipin</p>	<p>Yapılan çizim uygulanarak ve uygun malzemeler kullanılarak ürünün prototipi oluşturulur. Çıkan ürün atmosferden su toplanarak test edilir. Bu süreçte;</p> <p>-Yağışmanın nasıl toplanacağına dair fikir üretilir önerilir.</p>



		<p>başlangıç kütesini ve yoğunlaşma süresince zaman zaman kütleli ölçerek toplanan su miktarını belirleyebilir. Ve ya suyu bir kap içinde toplayıp kütesini ölçmeyi düşünebilir. Ya da higrometre (nemölçer) kullanmayı da önerebilirler.)</p> <p>- Öğrenciler, yoğunlaşmanın hangi şartlarda daha çabuk gerçekleşeceği yönünde düşünceleri için araştırdıkları bilgileri kullanmaları konusunda teşvik edilir. Ürünü test etme sırasında nemi nem üreten bir difüzörle sağlayabilecekleri ve süreci kısaltabilecekleri fark ettirilmelidir.</p> <p>- Öğrencilerden su toplamak üzere 4-5 saat gibi bir süre (yada şartlar uygunsa daha fazla süre verilebilir) kullanmaları ve bu süre boyunca belli zaman periyotlarında, toplanan su miktarını belirlemeleri ve elde ettikleri verilere ait grafik çizimleri istenir.</p> <p>- Prototipin verimini nasıl hesaplamaları gerektiği konusunda düşünceleri ve araştırdıklarını kullanmaları istenir.</p>	<p>-Yoğunlaşmayı hızlandıracak etmenler tartışılır.</p> <p>-Toplanan su miktarına karşı zaman grafiği oluşturulur.</p> <p>-Veriler yorumlanır.</p>
<b>Ürün Tanıtma, Tartışma ve Değerlendirme</b>	1 saat	<p><b>Ürün Tanıtma, Tartışma ve Değerlendirme</b> için</p> <p>-Her gruptan sınıfa model cihazlarının özelliklerini ve suyun nasıl elde edilip nasıl toplandığını açıklamaları istenir.</p> <p>- Diğer öğrencileri soru sormaya ve yapıcı geri bildirimde bulunmaya teşvik edilir.</p> <p>- Planlama ve inşaat aşamalarında karşılaşılan zorluklarla ilgili bir sınıf tartışmasına öncülük edilir.</p> <p>- Gerçek hayattaki su toplama cihazlarının uygulanabilirliği ve sınırlamalarını tartışılır.</p>	<p>Ürünün nasıl tanıtılacağı planlanarak bir sunum hazırlanır.</p> <p>Herbir grubun ürünü, öğretmen rehberliğinde ve tüm grupların katılımıyla değerlendirilir. Yapılan değerlendirmeye göre ürünün probleme ne kadar çözüm getirdiği sınıfça tartışılır.</p> <p>Ayrıca gruplardan çıkan farklı tasarım ürünlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları da tüm sınıfın katılımıyla tartışılır.</p>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uzun vadeli su çözümlerinin önemi ve STEM'in küresel sorunların çözümüne katkısını vurgulanır.</li> <li>- Havadan su elde etme yöntemlerine göre her grubun çalıştığı yöntemleri birleştirerek kavram haritası veya diyagram oluşturulur.</li> </ul>	
<b>Ürün Geliştirme</b>	1 saat	Öğrencilerin, ürünü iyileştirmek üzere üründe planladıkları değişiklikleri aralarında tartışarak <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b> ye kaydetmeleri istenir.	Ürünü iyileştirmek üzere grup halinde tartışarak üründe yapılabilecek değişiklikler ve ürünün nasıl daha verimli olacağı planlanır ve <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b> ye kaydedilir.
<b>Öğrendiklerimi Paylaşma</b>	1 saat	<p>Öğrencilerin öğrendiklerini aşağıda yazılan sorular çerçevesinde aralarında tartışarak paylaşmaları ve <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 3'</b>e kaydetmeleri istenir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prototipin hazırlık ve tasarlama aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li> <li>- Prototipin test etme aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li> <li>- Prototipin ürün tanıtma aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li> <li>- Prototipin ürün geliştirme aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li> </ul>	Öğrenilenler, <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 3'</b> te verilen sorular çerçevesinde grup halinde tartışarak cevaplandırılır ve kaydedilir.

### Örnek: Güneş Enerjili Gıda Kurutucusu

#### Yeşil STEM Öğretim Etkinliği: Güneş Enerjili Gıda Kurutucusu

<b>Eğitimsel Düzey:</b> Orta Okul –Lise (10 – 16 yaş)
<b>Konu Alanı:</b> Green STEM
<b>Etkinlik Adı:</b> Güneş Enerjili Gıda Kurutucusu
<b>Kazanımlar:</b> <i>Fen Bilimleri Kazanımları</i>





- Işığın madde ile etkileşimi sonucunda madde tarafından soğrulabileceğini keşfeder.
- Güneş enerjisinin günlük yaşam ve teknolojiadaki yenilikçi uygulamalarına örnekler verir.
- Kaynakların etkili kullanımı bakımından güneş enerjisinin önemini tartışır.
- Kaynakların tasarruflu kullanımına yönelik proje tasarlar.
- Güneş enerjisinden gelecekte nasıl yararlanılacağına ilişkin ürettiği fikirleri tartışır.
- Fosil yakıtların sınırlı ve yenilenemez enerji kaynaklarından biri olduğunu açıklar.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini açıklar.
- Farklı türdeki yakıtların ısı amaçlı kullanımının, insan ve çevre üzerine etkilerini tartışır.
- Maddeleri, ısı iletimi bakımından sınıflandırır.
- Gıdalarda bulunan suyun, mikroorganizmaların çoğalmasındaki rolünün farkına varır.

**Mühendislik Kazanımları:**

- Su, rüzgâr ve güneş gibi doğal kaynakları kullanarak temiz ve sürdürülebilir enerji elde etme teknolojilerini açıklar.
- Mühendislik Tasarım Döngüsü kullanarak doğal kaynaklar yoluyla enerji elde edilebilen bir ürün tasarlar.
- Tasarladığı enerji dönüşümü ürününü sunar.
- Daha verimli gıda kurutması için farklı tasarım modelleri dener.

**Teknoloji Kazanımları:**

- Dijital termometre kullanabilir.
- Bakteri kiti kullanabilir.
- Dijital terazi kullanabilir.
- DC Motoru sisteme entegre edebilir.
- Pervaneyi sisteme entegre edebilir.
- Güneş enerji panelini sisteme entegre edebilir.

**Matematik Kazanımları:**

- Termometreyle sıcaklık ölçümü yapar.
- Sıcaklık değerlerini zamana göre kaydederek grafik çizer.
- Tasarımlarda farklı geometrik şekiller kullanır.
- Dijital terazi kullanarak ölçüm yapabilir.
- Elde ettiği verilerden grafik çizebilir.
- Yüzdelik hesaplama yapabilir.

**Sanat Kazanımları:**

- Sürdürülebilir gastronomi (yemek sanatı) ilkelerini kullanarak yemek hazırlar.
- Tasarımlarını estetik hale getirmek için yerel kültürel motifleri kullanır.

**Girişimcilik**

- Toplumsal ihtiyaçları belirleyerek bunları karşılayacak yenilikçi fikirler üretir.
- Geliştirdikleri ürünün tanıtımını yapmak için kitlesel iletişim yollarını kullanır.
- Görsel, yazılı ve sözlü iletişim yöntemlerini kullanarak fikirlerini ve bulgularını profesyonel hedef kitleye açık ve tutarlı olarak ifade eder ve tartışır.

**STEM'in Doğası / Kariyer:**

- Proje çalışmasında kendisini farklı rollerdeki bir takım üyesi olarak varsayarak o4.Başarı ölçütlerini sağlamak amacıyla yeni bir çözüm için çeşitli tasarım çözümleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları analiz ederek her bir maddenin ya da çözüm yolunun en iyi özelliklerini birleştirir.



- Proje çalışmasında kendisini farklı rollerdeki bir takım üyesi olarak varsayarak o rolün gerektirdiği çalışmaları başarıyla tamamlar (disiplinlerarası çalışmanın önemini anlar).
- Temel bilim, teknoloji ve mühendislik disiplinlerinin ve bu alanlardaki kariyer fırsatlarının farkına varır.
- Farklı disiplinlerin çalışma alanlarını araştırır, güncel ve disiplinlerarası meslek dallarını tanır.

**Green STEM kazanımı:**

- Toplumsal ihtiyaç ya da problemlere çözüm için çevre üzerindeki insan etkisini azaltmak amacıyla çevre-dostu yeşil bilim uygulamalarını önerir.

**21. YY Becerileri**

- Problem çözme becerilerini geliştirir.
- İşbirlikli çalışma becerilerini geliştirir (pek çok bilim insanı ve mühendisin ekip halinde işbirlikli olarak çalıştığını kavrar).
- Çevreye ve yaşadığı dünyaya duyarlılığı artır.

**BİLİMİN (YA DA BİLİMSEL SORGULAMANIN) DOĞASI:**

- Deneysel çalışmalarda deney ya da ölçüm tekrarının önemini kavrar.
- Kaynaklardan elde edilen geçerli ve güvenilir veriler veya delillere (öğrencilerin kendi deneyleri dahil) dayalı olarak bilimsel açıklamalar oluşturur veya açıklamaları revize eder.
- Açıklamayı veya sonucu desteklemek veya değerlendirmek amacıyla çeşitli kaynaklardan (öğrencilerin kendi araştırmaları, deneyleri, modelleri, akran değerlendirmeleri vb dahil) elde edilen geçerli ve güvenilir verileri veya delilleri kullanır.
- Probleme çözüm bulmak ve veriler elde etmek için bir araştırma yürütür ve/veya deney tasarısını değerlendirir ve/veya revize eder.

**İlişkilendirilebilecek Yeşil Mutabakat (Green Deal) Stratejileri:**

**GD3. Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı**

a) Başta Rüzgar, Güneş ve Jeotermal Olmak Üzere Temiz, Yerli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Mevcut Enerji Sistemleri ile Entegrasyonlarının Sağlanması ve Bu Sayede Sera Gazı Emisyonlarının Azaltımına Yönelik Uygulamalar

**GD4. Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım: Tarladan Sofraya Sürdürülebilir Tarım**

g) Tarladan Sofraya Sürdürülebilir Tarım Tekniklerinin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar

**Teorik Bilgilendirme:**

Meyve ve sebzelerin kurutulması ilk çağlardan beri kullanılan çok eski bir muhafaza yöntemidir. Eski çağlardan itibaren önce meyve ve sebzeler, daha sonraları tarhana ve salça gibi gıdalar daha çok güneşte kurutulmuştur. Kurutmada amaç gıdadaki nemin uzaklaştırılmasıdır. Kurutmada, gıdadaki nem seviyesi mikroorganizmaların gelişimini engelleyecek düzeye düşmektedir. Güneşte kurutma yöntemi doğal ve yaygın bir yöntem olmakla birlikte özellikle uzun zaman alan bir yöntem olması, havaya bağlı kirlenme, mikrobiyal bulaşma ve böcek vb. dış etkilere maruz kalması gibi problemleri beraberinde getirmektedir. Bu durum daha hızlı ve hijyenik özellik taşıyan endüstriyel kurutma makinelerinin geliştirilmesine olan ihtiyacı beraberinde getirmiştir. Son zamanlarda geliştirilen solar kurutucular, hem mevcut olumsuzlukları ortadan kaldırmış hem de elektrik enerjisini kullanmak yerine fosil yakıtlara gösterilebilecek en iyi alternatif enerji kaynağı olarak güneş enerjisi kullanmak suretiyle enerji verimini arttırmıştır. Bu sistemlerde güneş enerjisinin ürüne direkt etki etmesi yerine, güneş enerjisi ile ürün etrafında dolaşacak hava ısıtılmaktadır. Direkt solar kurutucuların maliyetinin düşük olmasına ve üretiminin kolay olmasına rağmen bu kurutucularda sıcaklık kontrolünün çok mümkün olmaması bu nedenle de sebze ve meyvelerin



uzun süreli güneş ışınlarına direkt maruz kalmasıyla vitamin değerleri düşmekte ve renk kayıpları meydana gelmektedir. Hava üfleme kurutma sistemleri ise daha hızlı ve homojen kurutma sağlayabilmektedir. Bu tip kurutucularda ürüne göre belli bir hava hızı uygulanmakta olup, ürün kısa kurutma süresine sahiptir.	
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji, fosil yakıt, sürdürülebilirlik, soğutma, yalıtım, sıcaklık, nem seviyesi, hijyen	
<b>Öğrenme Araçları:</b> Çalışma Yaprakları Dijital Araçlar	<b>Kullanılacak Araç-Gereç ve Malzemeler:</b> Geniş karton kutular, sineklik teli, mukavva/karton, makas, kağıt havlu rulosu, alüminyum folyo, şeffaf bant, streç film/şeffaf plastik/cam, siyah fon kağıdı, taş yünü, cam yünü, tahta, cetvel, dijital termometre, dijital terazi, bakteri kiti, bıçak, tabak, çeşitli meyveler, çeşitli sebzeler, kağıt bantı, güneş paneli- mini motor-pervane seti
<b>Öğrenciler İçin Alanyazın Kaynakları</b> Augustus Leon, M., Kumar, S. and Bhattacharya, S.C. (2002). A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers, <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> , 6, 367–393. Güngör, A. ve Özbalt, N. (2019). Güneş enerjili kurutma teknolojileri ve uygulamalarda gelişmeler. 8. <i>Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi</i> , 8-9 Kasım 2019, Mersin. Ekechukwu O.V. and Norton, B. (1999). Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology, <i>Energy Conversion &amp; Management</i> , 40, 615-655. Erbay, B. ve Küçüköner, E. (2008). Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri, <i>Türkiye 10. Gıda Kongresi</i> , 21-23 Mayıs 2008, Erzurum. Sharma, A., Chen, C.R., Lan, N. V., (2009). Solar-energy drying systems: A review, <i>Renewable And Sustainable Energy Reviews</i> , 13, 1185-1210.	
<b>Öğretmenler İçin Alanyazın Kaynakları</b> Augustus Leon, M., Kumar, S. & Bhattacharya, S.C. (2002). A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers, <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> , 6, 367–393. Güngör, A. ve Özbalt, N. (2019). Güneş enerjili kurutma teknolojileri ve uygulamalarda gelişmeler. 8. <i>Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi</i> , 8-9 Kasım 2019, Mersin. Ekechukwu O.V. and Norton, B. (1999). Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology, <i>Energy Conversion &amp; Management</i> , 40, 615-655. Erbay, B. ve Küçüköner, E. (2008). Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri, <i>Türkiye 10. Gıda Kongresi</i> , 21-23 Mayıs 2008, Erzurum. Sharma, A., Chen, C.R., Lan, N. V., (2009). Solar-energy drying systems: A review, <i>Renewable And Sustainable Energy Reviews</i> , 13, 1185-1210.	
<b>Öğretim Metotları:</b>	Probleme Dayalı Öğrenme, Sorgulayıcı-araştırma, Proje Tabanlı Öğrenme, Tasarım Düşüncesi ve Mühendislik Tasarımı, (Hands-on Bilim) Uygulamalı Öğrenme, Teknoloji Destekli Öğrenme

**Yeşil STEAM öğretim/öğrenim birimi senaryosu**

Aşama	Gereken Süre	Öğretmen Aktivitesi	Öğrenci Aktivitesi
	30 dakika	Probleme hem öğrencilere olan dağıtılacak çalışma kağıdında yer verilmeli hem de görsel olarak projeksiyonla yansıtılarak	Öğrenciler çalışma kağıdında sunulan problem durumunu okuyup analiz ederek



<b>Problemi Tanımlama</b>		<p>problem öğrencilere sunulmalıdır. Öğrencilerin problem durumunu okuyup analiz etmesi, akranları ile tartışması sağlanır. Böylece problem durumu grup halinde teşhis edilmiş ve tanımlanmış olur. Bu aşamada öğrencilerin problem durumunu anlamaları hedeflenir.</p> <p>Etkinlik için öğrencilerden mümkün olduğunca heterojen gruplar oluşturulmalıdır.</p> <p>Çalışma gruplarında, çalışma kağıdında verilen mesleklerin paylaşımını yapılması ve her bir mesleği üstlenen öğrenci için görev ve sorumlulukları belirlenip yazılması sağlanmalıdır.</p>	<p>akranları ile tartışır. Grup halinde problemi tam olarak ortaya koyarlar.</p> <p>Öğrencilerin ilgi alanları doğrultusunda, çalışma kağıdında verilen mesleklerin paylaşılır ve her bir mesleği üstlenen öğrenci için görev ve sorumluluklar belirlenerek <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1'e</b> kaydedilir.</p>
<b>Hatırlama ve Araştırma Yapma</b>	1 saat	<p>Öğrencilerin sorun ve olası çözüm(ler)e yönelik ön bilgilerini ortaya çıkarmak amacıyla bildiklerini ve deneyimlerini, <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1'deki Bilinenleri ve Deneyimleri Hatırlama</b> kısmında bulunan aşağıdaki sorular çerçevesinde yazmaları istenir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yenilenebilir enerji kaynakları nelerdir?</li> <li>• Fosil yakıtlarının insan ve çevre üzerine etkileri nelerdir?</li> <li>• Güneş enerjisinin önemi nedir?</li> <li>• Güneş ışığının soğurulma miktarını maddelerin rengi etkiler mi? Nasıl?</li> <li>• Gıdaların uzun süre saklanması hangi yöntemler kullanılır?</li> <li>• Gıdaların uzun süre saklanması güneş enerjisinden nasıl yararlanılır?</li> </ul>	<p>Problem durumuna yönelik olarak verilen sorulara ilişkin bilgi ve deneyimler grup halinde <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1'e</b> kaydedilir.</p> <p>Probleme çözüm bulmak için hangi sorulara cevap bulunması gerektiği üzerine düşünülerek sorular ortaya atılır. Sorular <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1'e</b> kaydedilir. Bu soruların cevapları araştırılarak kaydedilir. Kullanılan kaynaklara da mutlaka yer verilir.</p>



		<ul style="list-style-type: none"><li>Gıdalar kurutulunca neden daha uzun süre saklanabilir.</li></ul> <p><b>Araştırılması Gerekenler</b> başlığında ise öğrenciler, problem çözüm bulmak için hangi sorulara cevap bulmaları gerektiği üzerine düşünmeye teşvik edilir. Örneğin, "Çevreye duyarlı malzemeler neler?, Gıdaların kurutulmasında nelere dikkat edilmelidir?, Gıdalar her sıcaklıkta kurutulabilir mi?, "Kurutulmuş meyve/sebzelerdeki nem oranları nedir?" gibi araştırılabilir nitelikte sorular geliştirmeleri hedeflenir. Sorularını <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 1'</b>e kaydetmeleri istenir. Sonrasında ise bu soruların cevaplarını araştırarak öğrencilerin cevaplarını yazmaları sağlanır. Kullandıkları kaynaklara yer vermeleri konusunda uyarılır.</p>	
		<p><b>Çözüm Üretme-Ürün Tasarlama</b> aşamasında, öğrencilerin tasarlaması istenen ürünün taşıması gereken özellikler, tasarım kriterleri olarak <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>de verilmiştir.</p> <p><b>Tasarım Kriterleri:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Gıda kurutmasını güneş enerjisiyle yapmalıdır.</li><li>Hijyenik bir kurutma sağlamalıdır.</li><li>Gıdaların rengindeki olumsuz değişimi etkileyen faktörler dikkate alınmalıdır.</li><li>Çevreye duyarlı malzemelerle üretilmelidir.</li><li>30*30 cm bıyutlarında bir tepsi sığabilmelidir.</li><li>Yerel kültürel motiflerle estetik hale getirilmiş olmalıdır.</li><li>Kurutulmuş bir meyve/sebze/tarhana/salçanın kullanıldığı yaratıcı bir yemek reçetesi oluşturulmuş olmalıdır.</li></ul>	<p>Verilen tasarım kriterleri çerçevesinde problem çözüm olarak düşünülen tüm fikirleri ortaya konarak <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>ye kaydedilir. Grupa halinde tartışarak, fikirler arasından en uygun olanı seçilir.</p> <p>Seçilen fikrin uygulanması için gerekli malzemeler de belirlenir.</p> <p>Ürünün ürünün tasarımı ayrıntılı bir şekilde yazarak anlatılır ve ayrıca bir mühendis</p>



<p><b>Cözüm Üretim- Ürün Tasarlama</b></p>	<p>1 saat</p>	<p>Öğrencilere tasarım kriterleri üzerinde açıklama yapılır. Öğrencilerden tasarım kriterlerini göz önünde bulundurarak ve beyin fırtınası yaparak problem için düşündükleri tüm farklı fikirleri ortaya koymaları beklenmektedir. Öğrencilere çözüm için birden çok doğru yolun olabileceğini farkettilmelidir. Tüm fikirlerini <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>e kaydetmeleri istenir. Sonrasında ise öğrenciler, oluşan fikirler arasından en uygun olanını seçerek prototip geliştirmek üzere kullanması için yönlendirilmelidir. Karar verme becerilerini geliştirmek amacıyla “fikirlerden hangisini kullanmaya karar verdiniz, neden?” sorusu yöneltilerek düşünceleri sağlanmalıdır. Bu aşamada öğrencilerden beklenen, tasarım kriterleri dahilinde nasıl bir prototip yapacaklarına karar vermeleridir. Seçilen fikrin uygulanması için gerekli malzemeleri de belirlemeleri teşvik edilir. Etkinlik için gereken tüm malzemeler önceden hazırlanmalıdır. Öğrencilerden ürünün asarımını ayrıntılı bir şekilde yazarak anlatmaları ve bir mühendis gibi ölçülerle çizimleri Öğrencilerden yandaki gibi bir</p>	<p>gibi ölçülerile çizimi yapılır.</p>
--	---------------	---	--



		araştırmalarına göre kurutucunun şekli, görselliği ve kullanılan malzemeler değişkenlik gösterebilir.	
<b>Prototip Oluşturma ve Test Etme</b>	5 saat	<p><b>Prototip Oluşturma ve Test Etme</b> aşamasında öğrencilerin planlarını uygulayarak ve uygun malzemeleri kullanarak ürünün prototipini oluşturmaları için yönlendirilir. Çıkan ürünü meyve/sebze kullanarak test etmeleri istenir. Bu süreçte;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Öğrencilere kurutmak üzere kullandıkları meyve/sebzelerde kaybolan nem miktarını nasıl tespit edebilecekleri sorulur. (Öğrenciler kullandıkları meyvenin başlangıç kütlesini ve kurutma süresince zaman zaman kütleyi ölçerek uzaklaşan nem miktarını belirlemeyi önerebilirler. Ya da higrometre (nemölçer) kullanmayı da önerebilirler.)</li> <li>- Öğrenciler, gıdaların her sıcaklıkta kurutulup kurutulamayacağını düşünmeleri ve kurutma yapmak üzere her meyve/sebze için uygun ortam sıcaklığının kaç olması gerektiği yönünde önceki kısımda araştırdıkları bilgileri kullanmaları konusunda yönlendirilir. Ürünü test etme sırasında bu sıcaklığı nasıl sağlayabilecekleri yönünde öğrencilere soru da yöneltilmelidir.</li> <li>-Öğrencilerden kurutma yapmak üzere 3-4 saat gibi bir süre (yada şartlar uygunsa daha fazla süre verilebilir) kullanmaları ve bu süre boyunca belli zaman periyotlarında, dilimleyerek kuruttukları meyve/sebzeden uzaklaşan nem miktarını ve yüzdesini belirlemeleri ve elde ettikleri verilere ait grafik çizimleri (<b>Dijital araç</b> kullanarak) istenir.</li> <li>- Öğrencilerden kurutulmuş meyve/sebzelerdeki nem</li> </ul>	<p>Yapılan çizim uygulanarak ve uygun malzemeler kullanılarak ürünün prototipi oluşturulur. Çıkan ürün çeşitli meyve/sebzeler kullanılarak test edilir. Bu süreçte;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Kurutmak üzere kullanılan meyveler/sebzelerde kaybolan nem miktarını nasıl tespit edilebileceğine yönelik yöntem önerilir.</li> <li>-Gıdaların her sıcaklıkta kurutulup kurutulamayacağı düşünerek kurutma yapmak üzere her meyve/sebze için uygun ortam sıcaklığının kaç olması gerektiği yönünde önceki kısımda araştırma bilgileri kullanılır. Ürünü test etme sırasında bu sıcaklığın nasıl sağlanabileceği</li> </ul>



		<p>oranlarının araştırılarak kullanılan meyve/sebzenin güneş enerjili gıda kurutucusu prototipinde yaklaşık ne kadar sürede kuruyacağını belirlemeleri istenir.</p> <p>-Kurutma için verilen sürenin sonunda, kurutulan meyve/sebzedeki mikroorganizma (bakteri) miktarının da belirlenmesi için öğrenciler yönlendirilir.</p> <p>-Öğrenciler ayrıca güneş altında açıkta kurutmaya ilişkin de aynı tür verileri elde etmeleri ve diğer verileriyle karşılaştırarak iki yönleme ilişkin avantaj ve dezavantajları yorumlamaları için teşvik edilir.</p>	<p>üzerine fikir üretilir.</p> <p>- Tüm süre boyunca belli zaman periyotlarında, dilimleyerek kurutulan meyve/sebzed en uzaklaşan nem miktarı ve yüzdesi belirlenir. Elde edilen verilere ait grafik oluşturulur</p> <p><b>(Dijital araç kullanarak).</b></p> <p>- Kurutulmuş meyve/sebzele rdeki nem oranları araştırılarak kullanılan meyve/sebzeni n güneş enerjili gıda kurutucusu prototipinde yaklaşık ne kadar sürede kuruyacağı belirlenir.</p> <p>-Kurutma için verilen sürenin sonunda, kurutulan meyve/sebzed eki mikroorganizma (bakteri) miktarı ölçülür.</p> <p>Ayrıca güneş altında açıkta kurutmaya ilişkin de aynı tür veriler elde edilir ve diğer verilerle karşılaştırılarak iki yönleme ilişkin avantaj</p>
--	--	---	--





			ve dezavantajlar yorumlanır.
<b>Ürün Tanıtma, Tartışma ve Değerlendirme</b>	1 saat	<p><b>Ürün Tanıtma, Tartışma ve Değerlendirme</b> için öğrencilerin ürünlerini nasıl tanıtacakları ve ilgili kişileri nasıl haberdar edeceklerini planlayarak <b>dijital araç</b> kullanarak bir poster hazırlamaları istenir ve <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>ye kaydetmeleri istenir. Posterde ürünle kurutulan gıdalardan gastronomi (yemek sanatı) ilkelerini kullanarak hazırlanacak bir yemek reçetesine ve görsellerine de yer vermeleri için teşvik edilir.</p> <p>Sonrasında ise herbir grubun ürününün, tasarım kriterlerine uygun olarak hazırlanmış olan ve çalışma yaprağında varolan değerlendirme rubriği kullanılarak öğretmen rehberliğinde ve tüm grupların katılımıyla değerlendirmesi yapılır. Yapılan değerlendirmeye göre ürünün probleme ne kadar çözüm getirdiği tartışılır.</p>	<p>Ürünün nasıl tanıtılacağını ve ilgili kişilerin nasıl haberdar edileceğini planlayarak bir poster hazırlanır. Posterde ürünle kurutulan gıdalardan gastronomi (yemek sanatı) ilkelerini kullanarak hazırlanacak bir yemek reçetesine de yer verilir. Herbir grubun ürünü, tasarım kriterlerine uygun değerlendirme rubriği kullanılarak öğretmen rehberliğinde ve tüm grupların katılımıyla değerlendirilir. Yapılan değerlendirmeye göre ürünün probleme ne kadar çözüm getirdiği de sınıfça tartışılır. Ayrıca gruplardan çıkan farklı tasarım ürünlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları da tüm sınıfın katılımıyla tartışılır.</p>
<b>Ürünü Geliştirme</b>	30 dakika	<p>Öğrencilerin, ürünü iyileştirmek üzere üründe planladıkları değişiklikleri aralarında tartışarak <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>ye kaydetmeleri istenir.</p>	<p>Ürünü iyileştirmek üzere grup halinde tartışarak üründe yapılabilecek değişiklikler planlanır ve <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 2'</b>ye kaydedilir.</p>
<b>Öğrendikleri mi Paylaşma</b>	30 dakika	<p>Öğrencilerin öğrendiklerini aşağıda yazılan sorular çerçevesinde aralarında tartışarak paylaşmaları ve <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 3'e</b> kaydetmeleri istenir.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Güneş enerjili gıda kurutucusunun hazırlık ve</li></ul>	<p>Öğrenilenler, <b>Öğrenci Çalışma Yaprağı 3'</b>te verilen sorular çerçevesinde grup halinde tartışılarak cevaplandırılır ve kaydedilir.</p>



		<p>tasarlama aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Güneş enerjili gıda kurutucusunun prototip oluşturma aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li><li>- Güneş enerjili gıda kurutucusunun test etme aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li><li>- Güneş enerjili gıda kurutucusunun ürün tanıtma aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li><li>- Güneş enerjili gıda kurutucusunun ürün geliştirme aşamasında neler öğrendiğinizi maddeler halinde yazın.</li><li>- Tamamen güneş enerjisine dayalı, çevre dostu ve sürdürülebilir pişirme sağlayan bir ürün tasaralamanızın kazançları neler olabilir, açıklayın.</li></ul>	
--	--	--	--



Co-funded by  
the European Union



*Bu belge, GREEN STEM EDUCATION Projesi kapsamındaki faaliyetlerin bir parçası olarak geliştirilmiştir. Proje 2022-1-BG01-KA220-HED-000088567 Öğretmen eğitimi için Yeşil STEM modeli, KA220-HED programı tarafından ortak finanse edilmektedir - Yükseköğretimde iş birliği ortaklıkları ERASMUS + programının 2022 Tur 1 KA2 Çağrısı.*

*Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Ancak ifade edilen görüşler ve fikirler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmaz. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bunlardan sorumlu tutulamaz.*