

# TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

LİSE SEVİYESİ FİKİR KATEGORİSİ

TAKIM ADI

NATURA

PROJE ADI

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINA FARKLI BİR

BAKIŞ: HAVADAN ELEKTRİK ÜRETMEK

BAŞVURU ID

387109

## İÇİNDEKİLER

1. Proje Özeti.....	1
2. Sorun .....	1
3. Çözüm: .....	1
4. Yöntem .....	2
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü .....	4
6. Uygulanabilirlik.....	5
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	5
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi .....	6
9. Riskler .....	6
10. Kaynaklar .....	6



## 1. Proje Özeti

Günümüzün artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla bakteriyel kökenli enerjilere olan talep gittikçe artmaktadır. Bu sistemle enerji üretiminde kullanılan bakteri hücrelerinin de içinde yer aldığı düzeneğe mikrobiyal yakıt hücresi denmektedir. Bu hücrelerde temel prensip, bakterilerdeki organik yapılar içinde toplanan biyokimyasal enerjinin biyokütle tabanlı olarak doğrudan biyoelektriğe dönüştürülmesi esasına dayalıdır. Mikrobiyal yakıt hücresi, çeşitli organik malzemelerden elektrik enerjisi üretimi için kullanılan çevre dostu bir teknolojidir. Mikrobiyal yakıt hücrelerinde elektrik üretimi, organik malzemelerin mikroorganizmalar tarafından katalize edilmesi ile sağlanır. Mikroorganizmaların biyokatalizör olarak kullanıldığı bu sistemlerde, kimyasal olarak indirgenmiş formdaki organik maddeler üzerindeki elektronlar mikroorganizmalar tarafından serbest hale getirilmekte ve serbestleşen elektronlar da bir sistem üzerinde depolanabilmektedir.

Bu çalışmada, standart bir mikrobiyal yakıt hücresinde kullanılan organik maddelerdeki elektronların yerine havada indirgenmiş formda bulunan azot molekülünün içindeki elektronların, arıtma tesislerindeki aktif çamurdan elde edilen mikroorganizma konsorsiyumu tarafından çıkarılması hedeflenmektedir. Bu sistemde grafen nanoteller elektrot olarak kullanılacaktır. Havadaki azot molekülleri, mikrobiyal konsorsiyum aracılığıyla nitrata çevrilirken elektronlar açığa çıkacak; açığa çıkan elektronlar, iletken teller ile başka bir bölgede kimyasal enerji olarak depolanıp farklı enerji türlerine çevrilebilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Mikrobiyal Konsorsiyum, Yenilenebilir Enerji, Grafen Nanotel, Azot

## 2. Sorun

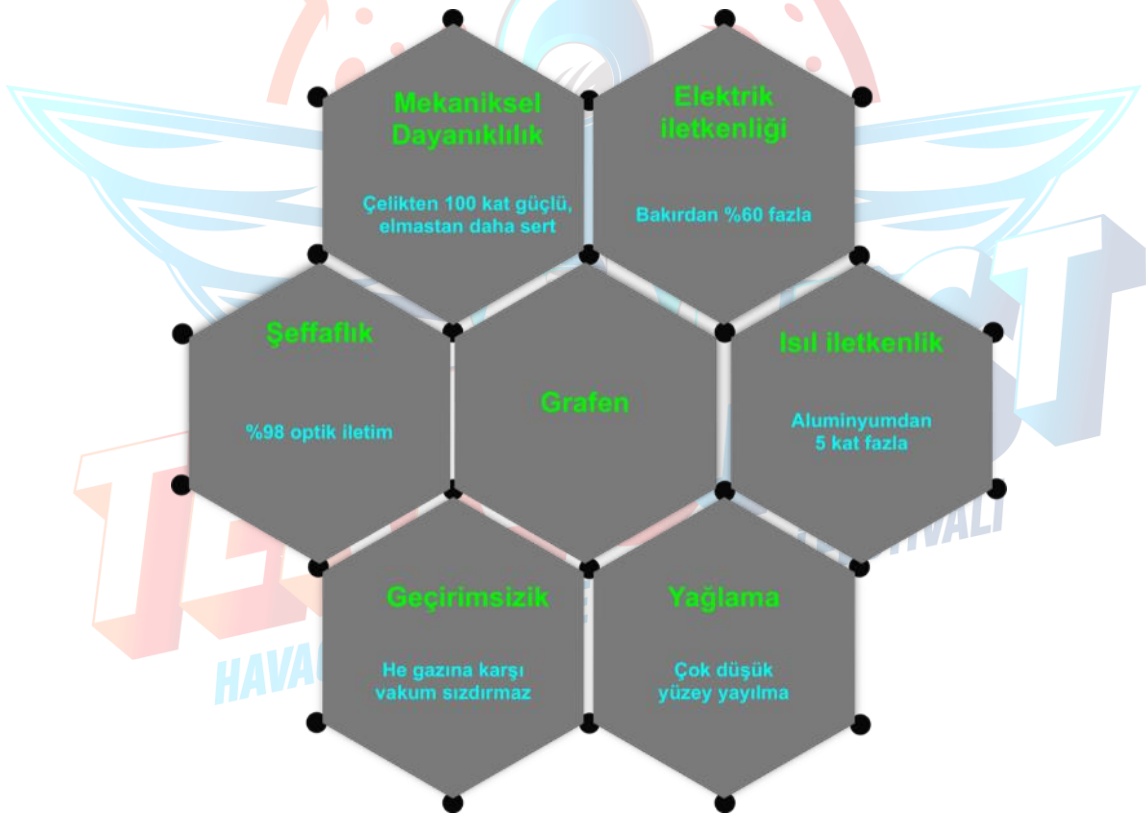
Fosil yakıtlar yüksek emisyon değerlerinden dolayı çevreye büyük zarar vermektedirler. Fosil yakıtlarına alternatif olarak geliştirilen yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyoteknoloji temeli enerji kaynaklarının yeterince değerlendirilmediği görülmektedir. Günümüzde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir kısmı ise yüksek bir başlangıç maliyetine sahiptir. Bundan dolayı, düşük maliyetli ve yüksek verimliliği olan enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır (Erensoy & Nurettin, 2020).

## 3. Çözüm:

Mikrobiyal yakıt hücreleri, küresel enerji ve çevre sorunlarını ele almak, hayatımızı daha temiz ve daha sürdürülebilir kılmak için gelecek vadeden teknolojilerden biri olarak kabul edilmektedir. Biyoremediasyon (biyolojik iyileştirme) için mikrobiyal yakıt hücrelerinin kullanılması da yine önemini vurgulamaktadır. Aromatik veya ikame edilmiş organik bileşiklerden ağır metaller kadar çeşitli kontaminasyon tiplerinin temizlenmesi için mikrobiyal yakıt hücreleri önerilmiştir (Rosenbaum & Franks, 2014). Biyolojik iyileştirme işlemi sırasında elektrik de üretilir ve böylece elektrik maliyeti azalır. Mikrobiyal yakıt hücreleri son yıllarda

biyo-elektrik üretimi için umut verici bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemler özellikle organik atık maddelerin tekrar kullanımı ve biyo-elektrik üretimi açısından önemliken, buralarda oluşan mikrobiyal atıkların elektrot yüzeylerinde birikim yapması yakıt hücresinin ömrünü kısaltabilmektedir. Önerdiğimiz sistemde bakteriler havanın azotu ile etkileşime gireceğinden oluşacak atıklar en az olacak ve böylece yakıt hücresinin ömrü de daha uzun olacaktır. Mikrobiyal yakıt hücreleri teknolojisinin diğer uygulamalarla birleşimi, bu sistemlerin olası büyük ölçekli tesislerde kullanılmasına katkı sağlar (Cao et al., 2019).

Mikrobiyal yakıt hücrelerinde anot olarak kullanılacak olan malzemenin türü ve yapısı önemlidir. Bu malzeme yüksek elektrik iletimine, geniş yüzey alanına ve mikroorganizmalar ile biyolojik uyumluluğa sahip olmalıdır. Literatür taraması yapıldığında, grafenin bu mükemmel özelliklere sahip olduğu görülmektedir (Su & Hu, 2021). Grafenin öne çıkan bazı özellikleri Şekil 1'de özetlenmiştir.

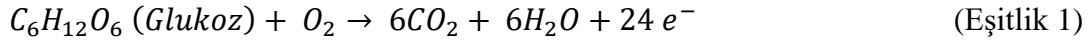


Şekil 1. Grafenin öne çıkan özellikleri

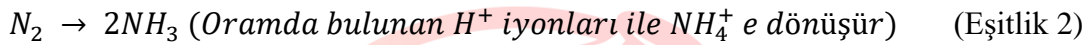
#### 4. Yöntem

Geleneksel mikrobiyal yakıt hücrelerinde enerji, besin maddesi olarak kullanılan indirgenmiş formdaki glukoz karbonunun yükseltilmiş formdaki karbondioksit dönüşümü esnasındaki çıkan elektronların kullanımına dayalıdır ve burada asıl kurgu sadece enerjiye yöneliktir. Bu

reaksiyonun genel denklemi Eşitlik 1’de verilmektedir. Bu denklemdeki elektron değerine, ancak glikozun tamamen karbondioksit indirgenmesi durumunda ulaşılabilir ve bir karbon başına dört elektron açığa çıkabilir.



Oysa bu proje, glukoz gibi organik bir madde yerine havada indirgenmiş formda bulunan azot molekülünün içindeki elektronların, arıtma tesislerindeki aktif çamurdan elde edilen mikroorganizma konsorsiyumu tarafından çıkarılması temeline dayanmaktadır. Bakteriler tarafından yapılan olası denklemler Eşitlik 2, 3 ve 4’te verilmektedir (Castro-Barros et al., 2017).



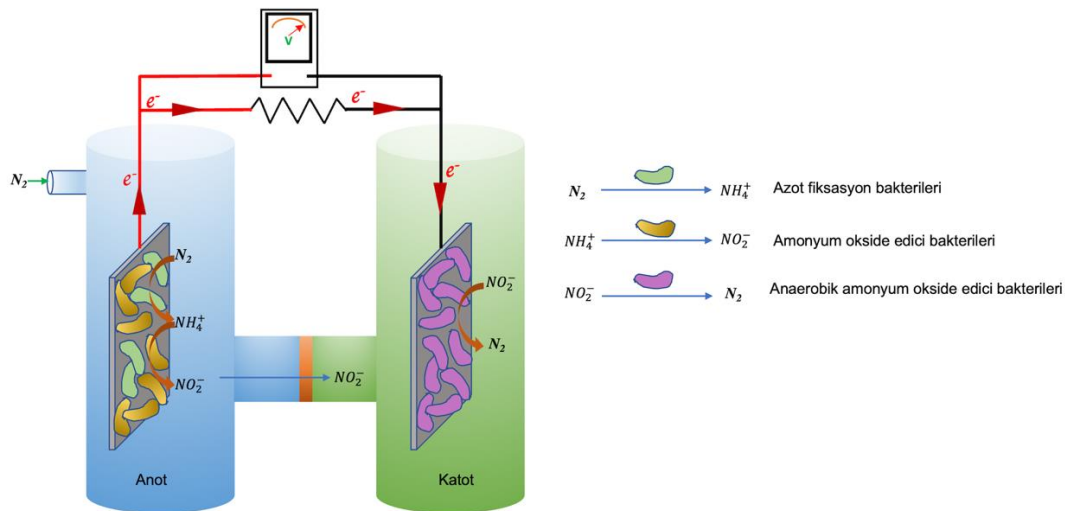
Eşitlik 2’deki reaksiyon azot fiksasyon bakterileri tarafından gerçekleştirilir ve bir azot atomuna bakteriler tarafından 3 elektron kazandırılır. Eşitlik 3’te ise oluşan amonyum iyonları amonyum okside edici bakteriler tarafından nitrit iyonuna dönüştürülürken atomik azot yükseltgenir.



Anot bölgesinde gerçekleşen Eşitlik 2 ve 3 reaksiyonlarında bir azot atomu başına 6 elektron açığa çıkarken oluşan nitrit katoda geçerek oksijensiz ortamda amonyum oksitleyici bakteriler tarafından tekrar moleküler azota dönüşmektedir (Eşitlik 4).



Yukarıda denklemleri ile birlikte açıklanan yöntem Şekil 2’de şematize edilmiştir.



**Şekil 2.** Bir mikrobiyal konsorsiyum aracılığı ile havadaki azottan elektrik üretimi

Bu sistemde üstün elektrik iletiminden dolayı elektrot olarak grafen nanotellerin kullanımı düşünülmektedir. Havadaki azot molekülleri, mikrobiyal konsorsiyum aracılığıyla nitrata çevrilirken elektronlar açığa çıkacak; açığa çıkan elektronlar, iletken teller ile başka bir bölgede kimyasal enerji olarak depolanıp farklı enerji türlerine çevrilebilecektir.

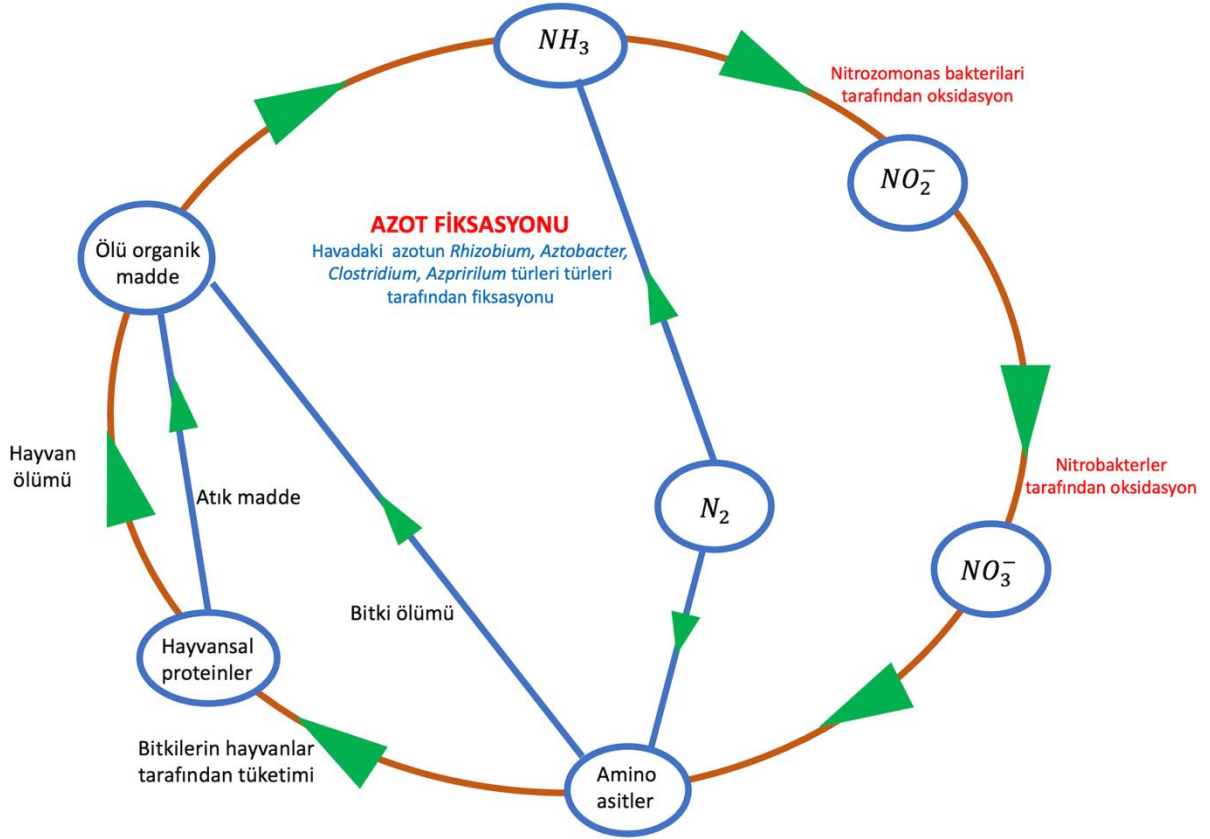
Şekil 2’de görüldüğü gibi bakteriler bir yakıt hücresi (fuel cell) içerisinde oluşturulan kültür ortamında elektron üretirler. Grafen anot aracılığıyla alınan elektronlar katot elektrotuna ulaştırılır. Anot bölgesinde oluşan nitrit iyonu katot bölgesinde moleküler azota dönüştürülür. Böylece açığa çıkan elektronlar iletken teller aracılığıyla kimyasal olarak depolanabileceği bir bölgeye aktarılabilir. Sonuç olarak havadan elektrik üreten bir sistem yapılmış olur. Gelişen teknolojiyle birlikte sistem tasarımı gelecekte daha iyi olabilir.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Bulduğumuz çağda tükenen enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması gereklidir. Teknolojik olarak sürekli gelişen dünyanın enerjiye olan ihtiyacı ile birlikte çevreye minimum zarar verecek şekilde elektrik enerjisinin üretimi ön plana çıkmış ve buna bağlı olarak insanoğlu alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir. Rüzgâr, güneş ve su enerjisinden faydalanarak elektrik enerjisinin üretimi bu alternatif enerji arayışının en öncelikli adayları olmuş ve tüm dünyaya yayılan yenilenebilir enerji üretimi eğilimleri oluşturmuşlardır. Bununla birlikte, diğer konvansiyonel elektrik enerjisi üretim (nükleer, termik, hidroelektrik v.d.) teknikleri kadar yaygın değildir; fakat mevcut yöntemlerin de çevreye tamamen zararsız oldukları düşünülemez. Kuşların göç yolu üzerine veya okyanuslara kurulan rüzgâr santralleri, göçmen kuşlara ve su canlılarına zarar vermekte doğal dengeyi termik santraller kadar olmasa da yine de dikkate değer ölçüde tahrip etmektedir (Boehlert & Gill, 2010; Gill, 2005; Inger et al., 2009). Öte yandan güneş enerjisinden elektrik üretimi için kullanılan güneş panellerinin üretiminde kullanılan ağır metaller doğada yüzyıllarca sürebilecek bir tahribata yol açma potansiyeli barındırmaktadır (Tsoutsos et al., 2005).

Mikroorganizmalar, doğada bolca bulunan canlılardır. Atmosferin %78’ini oluşturan azot inert bir gazdır. Bundan dolayı gelişmiş canlılar, kendileri için gerekli olan azotu havadan doğrudan alamadıkları için besinler aracılığıyla alırlar. Besin kaynakları olan bitkiler de azotu nitrat şeklinde topraktan alırlar. Havadaki azotu nitrata çeviren canlılar; toprakta bazı serbest yaşayan ve moleküler azotu bağlama yeteneğine sahip olan mikroorganizmalar, bakteriler, mavi-yeşil algler, funguslar ve mayalar olarak geniş bir mikroorganizma topluluğunu oluşturmaktadırlar.

Yani toprak mikroorganizmaları havadan indirgenmiş formdaki azotu ( $N_2$ ) alarak yükseltgenmiş formdaki nitrata ( $NO_3^-$ ) kadar çevirirler (Şekil 3).



Şekil 3. Atmosferdeki azot döngüsü

## 6. Uygulanabilirlik

Bu çalışma doğal olarak güncel araştırmaların öncülüğünde bir fikirdir. Uygulanabilirliği teorik olarak mümkünken, pratikte çoklu ortam parametreleri ile çalışmak gerekecektir. Bu parametrelerle ilgili ayrıntılı bilgi riskler bölümünde verilmiştir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Bu çalışmada kullanılacak hammadde çoğunlukla atıklardan elde edilecektir. Standart bir Biyomühendislik laboratuvarında bulunan yakıt hücreleri ve devre elemanları haricinde ihtiyaç duyulacak en maliyetli eleman grafendir. Bu bir fikir projesi olduğundan, grafen temininin ardından uygun bir laboratuvar ortamının oluşturulması ile yaklaşık 6 (altı) aylık bir süreçte laboratuvar çalışmaları sonuçlanabilecektir. Deneylerde kullanılacak olası maddelerin yaklaşık maliyetleri Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Deneylerde kullanılacak olası maddelerin yaklaşık maliyetleri

Sodyum nitrit	100 g	40 TL
Mikrobiyal bakteri kültürü-1	1 L	125 TL
Mikrobiyal bakteri kültürü-2	1 L	125 TL
Mikrobiyal bakteri kültürü-3	1 L	125 TL
Grafen	1 g	600 TL
<b>Toplam</b>		<b>1015 TL</b>

## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitleleri

Projenin hedef kitleleri belediyeler üzerinden arıtım tesisleri olmakla beraber, büyük çiftlikleri de kapsamaktadır. Arıtım tesisleri ve büyük çiftliklerdeki aktif çamurdan elde edilen mikroorganizma konsorsiyumu vasıtasıyla havadan alınan azot molekülü işlendikten sonra tekrar azota dönüştürülerek havaya salınırken atmosferin toplam azot dengesi bozulmamaktadır. Böylece, bakteriler tarafından üretilen ucuz enerji, ısıtma, aydınlatma ve ihtiyaç duyulan pek çok alanda kullanılabilir.

## 9. Riskler

Mevcut ortam sıcaklığında anaerobik faaliyet çok düşüktür. Anaerobik bakterilerin büyüme hızı yavaş olduğundan, uygun ortam bulunmadığı durumlarda tesisin işletmeye alınması için uzun süre gerekmektedir. Anaerobik bakteriler birçok bileşikler aracılığı ile inhibe olabilirler.

- Aerobik arıtım yönteminde Biyolojik ve Kimyasal oksijen ihtiyaçları (BOİ ne KOİ) belli bir oranda olmalıdır ( $BOİ/KOİ > 0,5$ ). Bu oran mikroorganizmaların çoğalması için önemlidir. Bundan dolayı ortam sık sık oksijen açısından kontrol edilmelidir.
- Bakır, çinko ve nikel gibi toksik metaller mikroorganizma miktarını etkiler. Bu metallerin de kontrol altında tutulması gerekmektedir.
- Ortam sıcaklığının sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir. Çünkü düşük sıcaklıklar mikroorganizmaların metabolizma faaliyetlerini yavaşlatır.

## B Planı

Atık bölgelerden alınan çamur konsorsiyum içinde beklenen standartlarda bakterilerin bulunmaması durumunda, ilgili reaksiyonları katalizeyecek hücre hataları ile çalışılabilir.

## 10. Kaynaklar

- Boehlert, G. W., & Gill, A. B. (2010). Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development: a current synthesis. *Oceanography*, 23(2), 68–81.
- Cao, Y., Mu, H., Liu, W., Zhang, R., Guo, J., Xian, M., & Liu, H. (2019). Electricigens in the anode of microbial fuel cells: pure cultures versus mixed communities. *Microbial Cell Factories*, 18(1), 1–14.
- Castro-Barros, C. M., Jia, M., van Loosdrecht, M. C. M., Volcke, E. I. P., & Winkler, M. K. H. (2017). Evaluating the potential for dissimilatory nitrate reduction by anammox bacteria for municipal wastewater treatment. *Bioresource Technology*, 233, 363–372.
- Erensoy, A., & Nurettin, Ç. E. K. (2020). Mikrobiyal yakıt hücrelerinde kullanılan saf kültür mikroorganizmaları ve genel özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 109–117.
- Gill, A. B. (2005). Offshore renewable energy: ecological implications of generating



electricity in the coastal zone. *Journal of Applied Ecology*, 605–615.

Inger, R., Attrill, M. J., Bearhop, S., Broderick, A. C., James Grecian, W., Hodgson, D. J., Mills, C., Sheehan, E., Votier, S. C., & Witt, M. J. (2009). Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology*, 46(6), 1145–1153.

Rosenbaum, M. A., & Franks, A. E. (2014). Microbial catalysis in bioelectrochemical technologies: status quo, challenges and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(2), 509–518.

Su, H., & Hu, Y. H. (2021). Recent advances in graphene-based materials for fuel cell applications. *Energy Science & Engineering*, 9(7), 958–983.

Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, 33(3), 289–296.

