

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**TAKIM ADI:** Biyowatt

**PROJE ADI:** Mikrobiyal Yakıt Hücresi Teknolojisi ile Atık Sudan Enerji ve Kullanılabilir Su Üretim Modeli

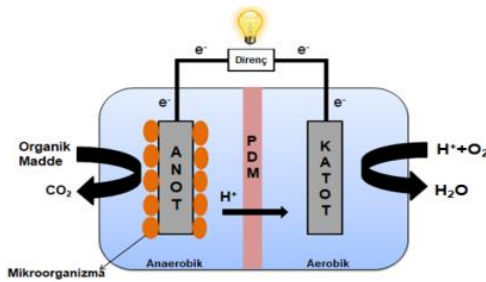
**DANIŞMAN ADI:** Prof. Dr. Ramazan Koç

**BAŞVURU ID:** #43420

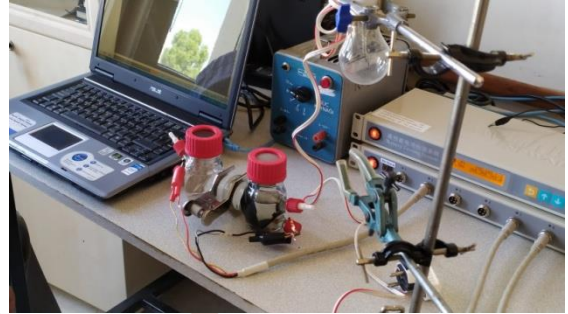
**TEKNOFEST**  
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Atık su arıtımı, mevcut bulunan su sıkıntısı için önerilen çözümlerden biridir. Fakat Atık su arıtma tesislerinin işletilmesi esnasında yoğun şekilde enerji kullanılmaktadır hatta arıtma tesisinin işletilmesinde kullanılan bütçenin en önemli bölümüdür. Bu nokta da projemizin amacı sürdürülebilir bir su arıtım sistemi elde etmek için mikrobiyal yakıt hücreleri (MYH) gibi yeni yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesidir. MYH genellikle proton değişim membranı (PDM) ile ayrılan anot ve katot bölmelerinden meydana gelmektedir. (1)



Şekil 1. MYH'lerin çalışma prensibi



Şekil 1.a Oluşturulan MYH düzeneği

Anot bölgesinde bulunan mikroorganizmalar organik maddeleri oksitleyerek; elektron, proton ( $H^+$ ),  $CO_2$  ve biyokütle üretirler. (2) Üretilen elektronlar bir devre ile katot bölgesine aktarılırken,  $H^+$  ise PDM' den geçerek katot bölgesine ulaşır ve burada  $O_2$  ile birleşerek  $H_2O$ ' ya (suya) dönüşür.  $O_2$ 'nin varlığı ve pozitif elektrik yükü oluşturan  $H^+$ 'lar sayesinde, anottaki elektronlar katoda doğru çekilir böylece hat üzerinde elektrik akımı meydana gelir. Elektrik akımını elde edebilmek için anot bölgesinin tamamen anaerobik, katot bölgesinin ise aerobik olması gerekmektedir. Oluşturduğumuz sistemimizde Anot bölgesi için sadece  $O_2$  geçiren grafen, katot bölgesi için grafen üzerine hazırlanmış karışım (yöntem kısmında belirtilmiştir) sürülmesiyle oluşturulan malzeme, PDM içinse teflon bant kullanılmıştır. Anot bölgesi içerisin de temiz su ve nikel köpük, katot bölgesi içerisinde ise kirli suyla birlikte KCl (potasyum klorür) ve NaCl (sodyum klorür) bulunmaktadır. Projemizde kullanılan malzemeler ile yukarıdaki şekil 1.a da ki sistem oluşturulmuştur. Yöntem kısmında bahsedilmiş olan verilere ulaşılarak su arıtımı yapılırken elektrik üretilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Problem/Sorun:

Dünya'daki su kaynaklarının azlığı iklim değişikliğini önlemeye yönelik genel önlemlerin yanı sıra, suyun daha dikkatli ve tasarruflu kullanımı ile kullanılan suların geri kazanımı gibi su kıtlığıyla mücadele yöntemlerini daha da önemli hale getirmektedir. Bu noktada atık suların ıslahı ve tekrar kullanımına ayrı bir parantez açmak gerekiyor. Bilindiği gibi atık su arıtma tesislerinde yüksek miktarda enerji tüketilmektedir (4). Geleneksel bir atık su arıtma tesisinde işletme maliyetlerinin %25-40'ının enerji tüketiminden kaynaklandığı literatürden ve yönetsel tecrübelerden bilinmektedir. (3) Bu durum da atık su arıtma yatırımlarının yeterli seviyede olmasına büyük bir engel oluşturmaktadır. Yenilikçi ve enerji tüketimi daha az olan ve daha az maliyetli atık su geri kazanım yöntemlerine olan ilgiyi artırmaktadır.

### 3. Çözüm

Temiz ve yenilenebilir enerji insan yaşamının en büyük ihtiyaçlarından biridir. Bu ihtiyacı karşılamak için insanoğlu sürekli bir arayış içerisinde olmuştur. Zaman geçtikçe bu arayışlar yeni enerji kaynaklarının bulunmasını sağlamıştır. Bu yeni enerji kaynaklarından biri de Mikrobiyal Yakıt Hücresi (MYH)'dir. Yerleşim bölgelerinden ve çoğunlukla evsel faaliyetler ile insanların günlük yaşam faaliyetlerinin yer aldığı okul, hastane, otel gibi hizmet sektörlerinden kaynaklanan atık sular olarak tanımlanan evsel nitelikli atık sular askıda, koloidal ve çözünmüş halde organik ve inorganik maddeler içermektedirler. Atıklar çok büyük oranda karbon, azot, fosfor gibi organik besinlerden ve yüksek konsantrasyonda mikroorganizmalardan oluşmaktadır. Atık suyun arıtımı esnasında organik maddeler bakteriler aracılığıyla parçalanmaktadır. Tipik bir MYH, anot ve katot bölmeleri ile bu iki bölmeyi birbirinden ayıran proton değiştirici membran dan oluşmaktadır. Anot bölgesinde mikroorganizmalar, organik maddenin oksidasyonunu elektron, proton ve nihai ürünler olarak CO<sub>2</sub> ve biyokütle üretirler. Gelecekte artan enerji ihtiyacını karşılayabilecek sürdürülebilir teknolojiler arasında yer alan MYH'lerin elektrik üretiminde besin olarak atık suları kullanması, elektrik üretimi esnasında da atık su arıtımını gerçekleştirmesindeki becerisinden dolayı gelecekte yapılacak çalışmaların daha verimli ve uygun maliyetli reaktör tasarımı ve malzemeleri araştırmaya yönelik olması önerilmektedir.

### 4. Yöntem

MYH reaktörü birbirinden proton değiştirici membran ile ayrılan, katot ve anot adı verilen iki bölmeden oluşmaktadır. Biz projemiz de anot bölgesi için aşağıda gösterilen **Şekil 2**. Deki gibi Nikel Köpük ( Kalınlık: 1.6 mm- Safılık: %95- 30 Gram) kullanıldı , 120 Ml Saf Su koyuldu. Ayrıca Anot hava bölgesi Oksijen geçirgenliği yüksek olduğundan dolayı Grafen Levha kullanıldı. Anot hava bölgesi Oksijen geçirgenliği yüksek olduğundan dolayı Grafen Levha kullanıldı. (**Şekil 2.a**)



**Şekil.2** Nikel köpük



**Şekil 2.a** Grafen levha ile anot

Katot bölgesi için ise bir gün öncesinden 1.5 gr Aktif Karbon, 1.5 gr Mangandioksit, 1.0 gr Agar karışımı hazırlanıp kurumaya bırakılmıştır. Sonraki aşamada ise Bu karışımı seloband üzerine eklenerek katot bölgesi içine konulmuştur (**Şekil 3**). Katot bölgesinde kullanılan ise "100

1Ml bataklık suyu, 5Ml Potasyum Klorür (KCl) ve 5 Ml Sodyum klorür (NaCl) konulduktan sonra sistemin anot ve katot bölmesi tamamlanmıştır. **Şekil 3.a** da sistemimizin son hali gözükmetedir.



Şekil 3.



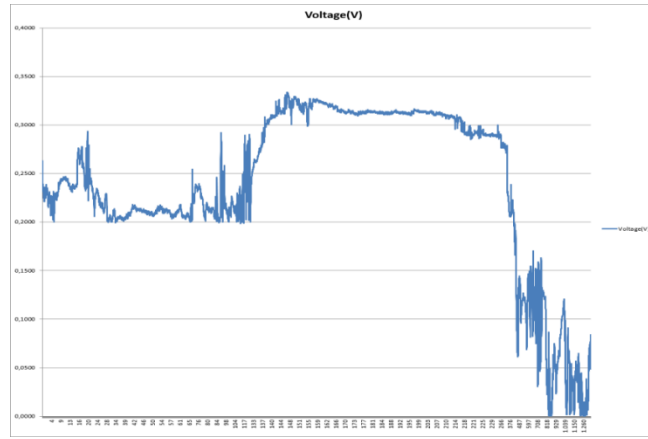
Şekil 3.a Oluşturulan düzeniğin son hali

Bu sistemi yaptıktan sonra laboratuvarımız da bulunan elektriksel ölçü aletleri ile gerekli ölçümler yapıldı ve ilk testte elde edilen sonuçlardan 0.01 Miliwatt değer kaydettik bu da 100 Ml içinde 1 m<sup>3</sup> 10 Watt'lık bir değer ortaya çıkarıyor. Bu zamana kadar en çok 1 m<sup>3</sup> içerisinde en yüksek değerinde 13 kWh değeri alınmıştı. Akım yoğunluğu MYH'de üretilen akımın kullanılan elektrotun birim yüzey alanı (mA/cm<sup>2</sup>) veya MYH'nin birim hacminde üretilen akım miktarı (mA/m<sup>3</sup>) olarak ifade edilmektedir. (5)

Aşağıdaki **Şekil4** de deney sonucu elde edilen voltaj değerleri yaklaşık alınmıştır.

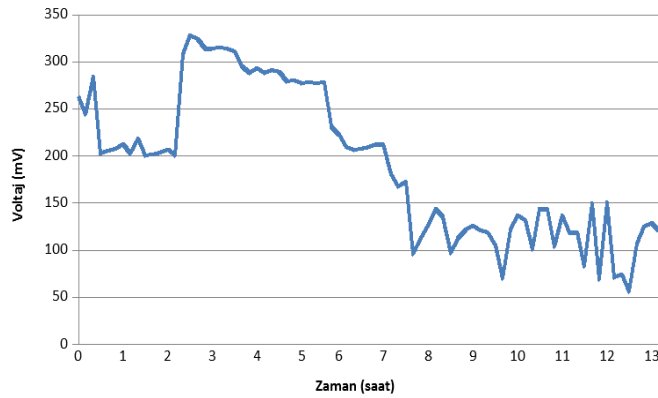
1	Voltage(V)				
2	0,2632	0,000	41	0,2263	0,650
3	0,2483	0,020	42	0,2244	0,670
4	0,2452	0,030	43	0,2238	0,680
5	0,2433	0,050	44	0,2229	0,700
6	0,2458	0,070	45	0,2244	0,720
7	0,2452	0,080	46	0,2238	0,730
8	0,2446	0,100	47	0,2232	0,750
9	0,2421	0,120	48	0,2213	0,770
10	0,2415	0,130	49	0,2229	0,780
11	0,2380	0,150	50	0,2219	0,800
12	0,2349	0,170	51	0,2210	0,820
13	0,2365	0,180	52	0,2222	0,830
14	0,2371	0,200	53	0,2225	0,850
15	0,2359	0,220	54	0,2210	0,870
16	0,2377	0,230	55	0,2263	0,880
17	0,2390	0,250	56	0,2303	0,900
18	0,2362	0,270	57	0,2318	0,920
19	0,2371	0,280	58	0,2325	0,930
20	0,2362	0,300	59	0,2359	0,950
21	0,2356	0,320	60	0,2359	0,970
22	0,2334	0,330	61	0,2349	0,980
23	0,2340	0,350	62	0,2340	1,000
24	0,2331	0,370	63	0,2309	1,020
25	0,2349	0,380	64	0,2291	1,030
26	0,2322	0,400	65	0,2306	1,050
27	0,2300	0,420	66	0,2322	1,070
28	0,2260	0,430	67	0,2315	1,080
29	0,2247	0,450	68	0,2325	1,100
30	0,2275	0,470	69	0,2322	1,120
31	0,2284	0,480	70	0,2322	1,130
32	0,2284	0,500	71	0,2306	1,150
33	0,2287	0,520	72	0,2297	1,170
34	0,2266	0,530	73	0,2244	1,180
35	0,2272	0,550	74	0,2272	1,200
36	0,2303	0,570	75	0,2325	1,220
37	0,2303	0,580	76	0,2312	1,230
38	0,2256	0,600	77	0,2278	1,250
39	0,2260	0,620	78	0,2287	1,270
40	0,2244	0,630	79	0,2306	1,280
			80	0,2325	1,300
			81	0,2318	1,320
			82	0,2247	1,330

Şekil.4



Şekil 5. Yapılan deneylerde elde edilen voltaj değerleri yukarıdaki gibi alınmıştır.

Bakteriyel Pil Voltaj Zaman Grafiği



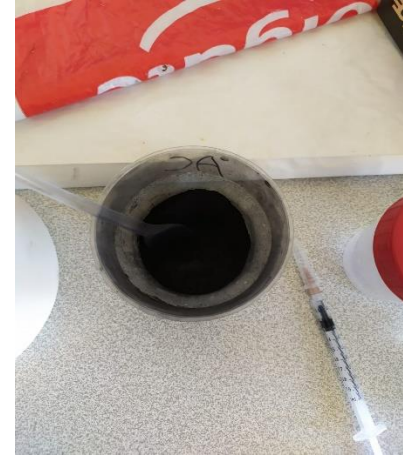
Şekil 6. Voltaja bağlı olarak MYH hücrelerinin bakteriyel voltaj zaman grafiği gösterilmiştir.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

MYH'ler işlevsel olarak çok yönlü kullanılabilirken bu projede MYH'ler den su arıtımı esnasında elektrik üretilmiştir. Projede, şekil 7. de ki atık su düzenek kurularak temizlenmiş (dikkate alınan kısmı temizlenme oranı değil, sistemin çalışabilirliğini kanıtlamaktır) ve hücrelerin geçişi esnasında elektrik üretilmiştir. Sistemde inovatif olarak anot kısmında grafen kullanılarak verimi artırmak için anot bölmesindeki saf suyun içerisine nikel köpük karıştırılmıştır. Membran olarak sadece oksijen geçirip sıvı geçirgenliği olmadığı için teflon bant tercih edilmiştir. Katot bölmesinde grafen selobant ile soyulup bir gün önceden hazırlanmış aktif karbon, mangandioksit ve agar içeren karışım (şekil 7.a) sürülerek kurutulmuş, bölmenin içerisine ise kirli su içerisine KCl ve NaCl eklenerek düzenek hazırlanmıştır. (6)



Şekil 7.



Şekil 7.a hazırlanan karışım

## 6. Uygulanabilirlik

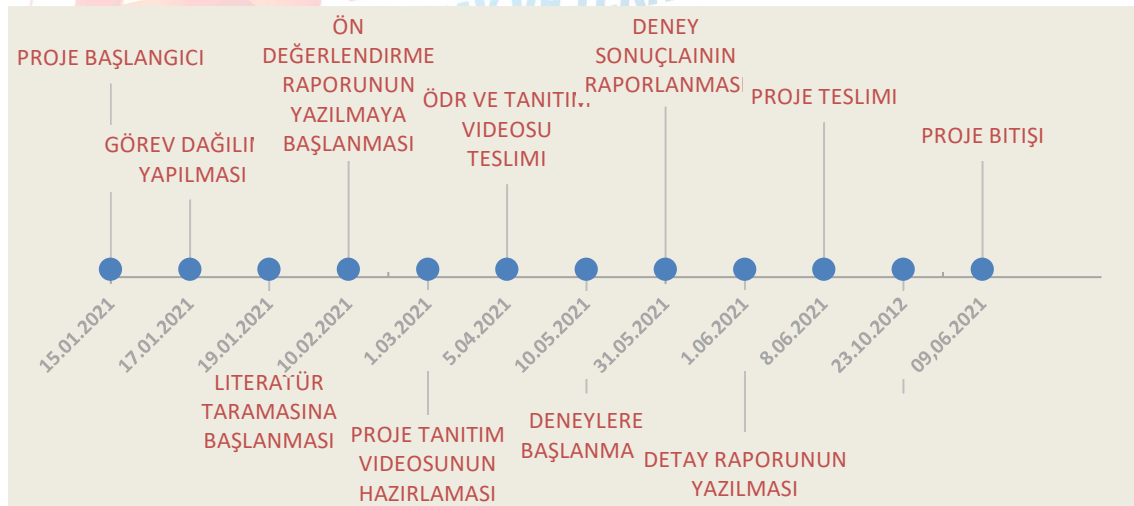
MYH'nin ileri teknolojilere gerek duyulmadan kapsamlı teknolojilerle birlikte kullanılmasıyla, sürdürülebilir enerji hasadı için büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Çeşitli çalışmalar ve araştırmalar sonucunda kapsamlı teknolojilerin içerisinde yer alan biyokatalizörlerle, küçük işletmelerde, organize sanayi bölgelerinde çalışmalarını yürüten bakteriyel olarak atık su çıkışı olan fabrikalarda, MHY'den tahmini olarak %60-%70'li skalalara verim alınacak kadar özellikle atık su oranı fazla olan (tekstil, deri, gıda...) gibi birçok alanda ve şehirlerin su arıtma tesislerinde verimin artması için uygulanabilirlik.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

MALZEME	BİRİM FİYAT	MİKTAR	TOPLAM FİYAT
MFC reaktör tipi H mikrobiyal yakıt hücresi kimyasAal <b>hücre kutusu</b> <b>100ml tip II</b>	<b>577.98 TL</b>	<b>1</b>	<b>577.98 TL</b>
<b>Agar (E406) 50</b>	<b>24.83 TL</b>	<b>1</b>	<b>24.83 TL</b>

<b>GR</b>			
<b>Sodyum Klorür 1</b>	<b>5.00 TL</b>	<b>10</b>	<b>50.00 TL</b>
<b>GR</b>			
<b>Potasyum Klorür</b>	<b>5.00 TL</b>	<b>10</b>	<b>50.00 TL</b>
<b>Grafen Lehva</b>	<b>161.42 TL</b>	<b>1</b>	<b>161.42 TL</b>
<b>Saf Su 1LT</b>	<b>10.00 TL</b>	<b>1</b>	<b>10.00 TL</b>
<b>Teflon Bant</b>	<b>7.40 TL</b>	<b>1</b>	<b>7.40 TL</b>
<b>Bakır Bant</b>	<b>40.00 TL</b>	<b>1</b>	<b>40.00 TL</b>
<b>Gümüş Bant</b>	<b>16.51 TL</b>	<b>1</b>	<b>16.51 TL</b>
<b>Alüminyum Bant</b>	<b>22.00 TL</b>	<b>1</b>	<b>22.00 TL</b>

### Proje zamanlaması:



## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Mikrobiyal Yakıt Hücrelerinin pek çok hedef kitle vardır; atık su tesisleri, tarım, endüstri, sanayi gibi suların arıtım gerekliliği olan alanlara uygulanabilir. (7)

## 9. Riskler

Mikrobiyal yakıt hücreleri, büyük ölçekli uygulamalar açısından hala önemli sınırlamalarla karşı karşıyadır. Hem anodik hem de katodik elektron transferi açısından yatırım maliyetlerini, üst düzey teknik sorunları ve performansı sınırlayan faktörleri içerir. Mevcut MYH teknolojilerinin özel sınırlamaları, MYH 'nin inşası için malzeme maliyetleri ve diğer biyodönüşüm teknolojilerine kıyasla henüz düşük güç çıkışıdır. MYH 'de yaygın olarak kullanılan proton değişim membranı (PEM), önemli bir maliyeti temsil eder. (Nafion™ maliyeti yaklaşık 500 \$/m). ( H. Tsuchiya, O. Kobayashi, Mass production cost of PEM fuel cell by learning curve, Int. J. Hydrogen Energy 2004, 29, 985–990.)

## 10. Kaynakça

- 1) Energy Production through Microbial Fuel Cells Ravi Shankar, Niren Pathak, Amit Kumar Chaurasia, Prasenjit Mondal, and Shri Chand
- 2) Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mikrobiyal Yakıt Hücrelerinde Evsel Atıksulardan Elektrik Üretimi, EMRE OĞUZ KÖROĞLU
- 3) Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanılması Özlem Demir, Müjgan Yıldız, Ümit Sercan, Cemile Şeyma Arzum
- 4) Atık Su Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliği Harun TÜRKMENLER
- 5) Hdl.handel.net
- 6) Bioelectricity generation and effect studies from organic rich chocolaterie wastewater using continuous upflow anaerobic microbial fuel cell
- 7) Mikrobiyal Yakıt Hücrelerinin Temel Kullanım Alanları, Nurettin Çek