

## TEKSTİL ATIK SULARI KULLANARAK MİKROBİYEL YAKIT HÜCRESİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

*İbrahim ÜÇGÜL \**  
*Feyhan YILMAZ*

**Özet:** Bu çalışmada, mikrobiyel yakıt hücresi kullanarak tekstil atık sularının arıtımı sırasında elektrik üretimi araştırılmıştır. Bunun için iki farklı sistem tasarımı yapılmıştır. Bunlar biri tuz köprülü mikrobiyel yakıt hücresi diğeri ise membranlı mikrobiyel yakıt hücresidir. Bu sistemlerde iki farklı türde bakteri kullanılmıştır. Bakterilerin ilk grubu koku tüketirken diğeri grup ise küf tüketmektedir. Substrat olarak atık haşıl çözeltisi, atık boyarmadde çözeltisi ve glikoz kullanılmıştır. Koku tüketen bakteri ile atık boyarmadde kullanılarak yapılan deneyde kirliliğe neden olan boyarmadde moleküllerinin parçalanmasıyla oluşan gazlar buradaki bakteriler tarafından yok edilerek elektrik üretimi sağlanmıştır. Küf tüketen bakteri ile organik besiyer ve glikoz kullanılarak yapılan deneyde elektrik akımı oluşumu gözlemlenmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrobiyel yakıt hücresi, tekstil atık suları ve arıtım yöntemleri, tekstil prosesleri.

### Investigation of Energy Production by Microbial Fuel Cell Using Textile Wastewaters

**Abstract:** In this study, using a microbial fuel cell power generation during the treatment of textile waste water was investigated. Two different systems were designed for it. Salt bridge and the other one of these microbial fuel cell membrane microbial fuel cell. Two different types of bacteria were used in these systems. The first group of bacteria, mildew smell in the other group consumed consuming. Sizing waste as substrate solution, glucose solution and waste dyestuff used.

Odor bacteria-consuming gases formed by decomposition of the dye molecule to cause pollution in the assay was performed using the waste dye wherein no generation of electricity has been supplied by the bacteria. Electric current formation in experiments using bacteria consume organic broth and glucose with defects observed.

**Keywords:** Microbial fuel cells, textile waste water and treatment process, textile process.

## 1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisi atık su hacmi ve kompozisyonu bakımından diğeri sektörlere göre daha fazla kirletici özelliğe sahiptir. Tekstil endüstrisinde su tüketimi kullanılan materyale göre her ton ürün için 25-250 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Gürtekin ve Şekerdağ, 2008). Tekstil endüstrisinde, atık sular miktar ve bileşim yönünden çok değişkendirler. Bu atıkların birinci kaynağı liflerde mevcut olan doğal safsızlıklar iken, ikinci kaynak ise proseslerde kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanan renk, zehirli maddeler, yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), düşük biyobozunurluk, yüzey aktif maddeler, klorlu bileşikler,

\* Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta  
İletişim Yazarı: İ. Üçgül (ibrahimucgul@sdu.edu.tr)

pH, tuz, boyarmadde gibi çeşitli etkenlerdir. Bu etkenler ciddi problemlere yol açmaktadır (Kaleli, 2006; Başbuğ, 2008; Paul ve diğ., 2012).

Tekstil işlemleri birçok farklı adımı içermektedir. Bu adımlarda kullanılan donanım, materyale ve işlemlere bağlı olarak su kullanım miktarı değişmektedir. Dolayısıyla üretilen atık su miktarı da farklı miktarlarda ve özelliklerde olmaktadır (Bisschops ve Spanjers, 2003). Islak işlemler ağartma, haşılama, yıkama, bazik işlem, merseziyasyon, boyama, baskı ve bitim işlemlerini kapsamaktadır. Bu işlemler süresince kuvvetli asitler, kuvvetli alkaliler, inorganik klorlu bileşikler, sodyum hipoklorit, çeşitli organik bileşenler gibi kimyasallar kullanılmaktadır (Paul ve diğ., 2012).

Fosil yakıtların yakın gelecekte tükeneceği göz önüne alındığında, alternatif enerji kaynaklarının bulunması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, karbondioksit salınımı olmaksızın yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi en çok tercih edilen yöntemdir. Son zamanlarda, üzerinde en çok durulan alternatif enerji kaynağı mikrobiyel yakıt hücreleri (MYH)'dir (Du ve diğ., 2007). Organik bileşenleri parçalayarak buradaki kimyasal enerjiyi elektrik enerjisi çeviren sisteme MYH denir (limitsizenerji, 2014).

Bu çalışmada arıtma amaçlı kullanılan ticari bakteri türlerinin mikrobiyel yakıt hücrelerinde kullanımı ve elektriksel üretimi incelenmiştir.

## 2. TEKSTİL SEKTÖRÜ VE MİKROBİYEL YAKIT HÜCRESİ

### 2.1. Tekstil Sektörü ve Atık Sular

Tekstil endüstrisi Türkiye'nin ekonomik kalkınmasında başta gelen endüstrilerinden birisidir. Ülkemiz açısından önemli bir yere sahip olan tekstil endüstrisinde ürünler değişik hammaddelerden değişik prosesler kullanılarak üretilirler. Kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin, her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği, su kullanımlarının çok farklı oluşu, endüstride yapının son derece değişken olduğunu göstermektedir. Bu da atık su karakterizasyonu ve uygulanan arıtma yöntemlerinde farklılıklara neden olmaktadır (Çalışkan ve diğ., 2002).

Tekstil endüstrisi atık su hacmi ve kompozisyonu bakımından diğer endüstriyel sektörlere göre daha fazla kirletici özelliğe sahiptir. Tekstil endüstrisi atık suları, kullanılan değişik kimyasal maddelere bağlı olarak birçok değişik kirleticileri parametreleri içermektedir. Tekstil endüstrisinde kullanılan farklı organik ve inorganik bileşiklere bağlı olarak atık suların karakteri de farklı olmaktadır (Gürtekin ve Şekerdağ, 2008).

Tekstil atık sularının ortak özellikleri; yüksek KOİ, yüksek BOİ, yüksek sıcaklık, yüksek pH, askıda katı maddeler (AKM) ve çeşitli boyaların neden olduğu renktir (Başbuğ, 2008).

Pamuklu tekstil endüstrisi çıkış suları yüksek BOİ, aşırı renk, yüksek alkali değeri ve debisi yüksek atıkları içermektedir (Birgül, 2006; Kaleli, 2006). Yünlü tekstil endüstrisi çıkış suları yüksek asidite, yüksek BOİ, çeşitli organik maddeler, boyalar, reaktif yıkama maddeleri, tuzlar ve yüksek konsantrasyonda yağ içeriği şeklinde özetlenebilir. Yün yağı, tesis çıkış suyunun verimli bir biyolojik arıtma tabi tutulabilmesi için ön arıtma gerektirdiğinden ayrı bir problem kaynağını teşkil eder. Sentetik tekstil endüstrisi atık sularında bulunan kirleticilerin başlıcaları boya, sentetik deterjanlar, anti-statik yağlayıcılar, yumuşatıcılar, kloritler, hidrojen peroksit, esterler, sülfolanmış yağlardır (Gürcüm, 2005).

Tekstil endüstrisinde kullanılan genel prosesler ve atık su içeriği Tablo 1'de verilmiştir. Terbiye proseslerinde ortaya çıkan çeşitli atık sularının kimyasal yöntemlerle arıtım yöntemi ve arıtım özellikleri Tablo 2'de, fiziksel yöntemlerle arıtım yöntemi ve arıtım özellikleri Tablo 3'te ve biyolojik yöntemlerle arıtım yöntemi ve arıtım özellikleri ise Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 1. Tekstil endüstrisinde kullanılan genel prosesler ve atık su içeriği (Bisschops ve Spanjers, 2003; Anonim3, 2013; Birgül, 2006)**

<b>Tekstil Endüstrisi Genel Prosesi</b>	<b>Atık Su İçeriği</b>
Haşılama	Karboksümetilselüloz, tabii mumlar, pektinler ve diğer haşılama materyalleri, KOİ, BOİ bulunmaktadır
Haşıl giderme	Yüksek sıcaklıkta, BOİ içeren ve katı yükü fazla
Yıkama	Yağ, AKM, BOİ ve alkalinite
Ağartma	NaOH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , çeşitli anyonik stabilizör türleri ve deterjanlar
Merserizasyon	Hem kullanılmış NaOH hem de ıslatma maddelerinin bazı ara reaksiyon ürünlerini ve deterjanları
Karbonizasyon	Sülfürik asit
Terbiye işlemleri	Akrilik polimerlerin sulu çözeltileri veya dispersiyonları ile katyonik ve elyaf reaktif tiplerinde olan polietilen tipin yumuşatıcıları, magnezyum klorür, çinko nitrat, çinko klorür, çinko fluoborat ve diğer organik tuzlar şeklinde katalizörleri

**Tablo 2. Atık suların kimyasal yöntemler ile arıtımı ve arıtım özellikleri (Kocaer ve Alkan, 2002; Mercimek, 2007; Gürtekin ve Şekerdağ, 2008)**

<b>Kimyasal Yöntemler</b>	<b>Özellikleri</b>
Oksidasyon	En çok kullanılan renk giderme işlemidir.
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -Fe(II) tuzları (Fenton ayırıcı)	Biyolojik arıtmayı inhibe edici ya da zehirli atık suların oksidasyonudur.
Ozon	Boya atık suları ozonlandıktan sonra tekrar kullanılabilir.
Fotokimyasal yöntem	Boya molekülleri, hidrojen peroksit varlığında ultraviyole (UV) radyasyonu (genellikle cıva ark lambalarıyla) ile karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) ve suya (H <sub>2</sub> O) dönüştürülmektedir.
Sodyum hipoklorit (NaOCl) yöntemi	Cl <sup>+</sup> iyonu boya molekülünün amino grubuna etki eder ve azo bağının kırılmasını sağlar
Elektrokimyasal yöntem	Renk, KOİ, toplam organik karbon, askıdaki katı ve ağır metallerin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır
Kimyasal flokleştirme ve çöktürme yöntemi	Flokleştirme maddeleri ve oluşan çamurun giderilmesidir.
Cucurbituril	Tekstil boya atık sularının tekrar kullanılmasını sağlar.

**Tablo 3. Atık suların kimyasal yöntemler ile arıtımı ve arıtım özellikleri (Mercimek, 2007; Kocaer ve Alkan, 2002; Uzunoğlu, 2013)**

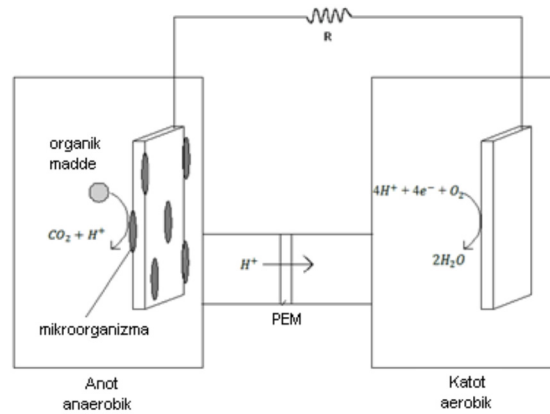
Fiziksel Yöntemler	Özellikler
Adsorpsiyon	Renk gideriminde yaygın olarak kullanılmaktadır.
Membran filtrasyonu	Boya ve diğer kimyasal maddeleri sürekli olarak arıtması, konsantre edilmesi ve en önemlisi atık sudan ayırması ve prosese geri döndürmesini mümkün kılmaktadır.
İyon değişimi	Boya içeren atık suların arıtılmasında kullanılmaktadır.

**Tablo 4. Atık sularının biyolojik yöntemler ile arıtımı ve arıtım özellikleri (Çalışkan vd., 2002; Gürtekin ve Şekerdağ, 2008; Kocaer ve Alkan, 2002)**

Biyolojik Özellikler	Özellikler
Aerobik yöntem	Atık suyun bileşiminde bulunan organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından giderilmesi
Anaerobik yöntem	Arıtımda ilk basamağında asidojenik bakteriler karbonhidratlar, yağlar veya proteinler gibi organikleri düşük moleküler ağırlıklı ara ürünlere dönüştürürler. Bu fermentasyon ürünleri daha sonra asetojenik bakteri tarafından kullanılır ve asetat, karbon dioksit ve moleküler hidrojen açığa çıkar. Son olarak metanojenik bakteriler asetat ve karbondioksiti metana indirgerler
Biyosorpsiyon	Atık suların rengini gidermek için ölü bakteriler, maya ve mantarlar kullanılmaktadır.

## 2.2. Mikrobiyel Yakıt Hücresi (MYH)

Bir MYH, anaerobik koşullar altında katalitik reaksiyonlarla organik bileşenlerdeki kimyasal bağların içerisindeki kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren bir bioreaktördür (Du ve diğ., 2007). Bu enerji karbon bileşenlerinden çıkarılmaktadır (Fung ve diğ., 2006). MYH elektrik üretiminin yanı sıra atık su arıtımı, kirlilik için biyosensör gibi kullanımları da vardır (Du ve diğ., 2007; Kim ve diğ., 2007). Şekil 1 'de MYH genel şekli görülmektedir.



**Şekil 1:**  
*Mikrobiyel yakıt hücresi (Logan, 2011)*

Bir MYH’nde mikroorganizmalar anot kısmına beslenen substratı (besin) parçalayarak elektron ve hidrojen üretirler. Üretilen hidrojen proton değişimli membrandan (PEM) katot bölümüne difüzyon yolu ile geçerler. Katotta hidrojen ve elektron alıcının (genelde oksijen) varlığı elektronları buraya çeker. Elektronlar anot elektrottan, katot elektroda dış devreden üzerinde direnç bulunan iletken telden katot bölümüne geçerler. Burada elektronlar, protonlar ve elektron alıcı su oluşumu için birleşirler (Pant ve diğ., 2009; Aktan ve diğ., 2011; Logan, 2011).

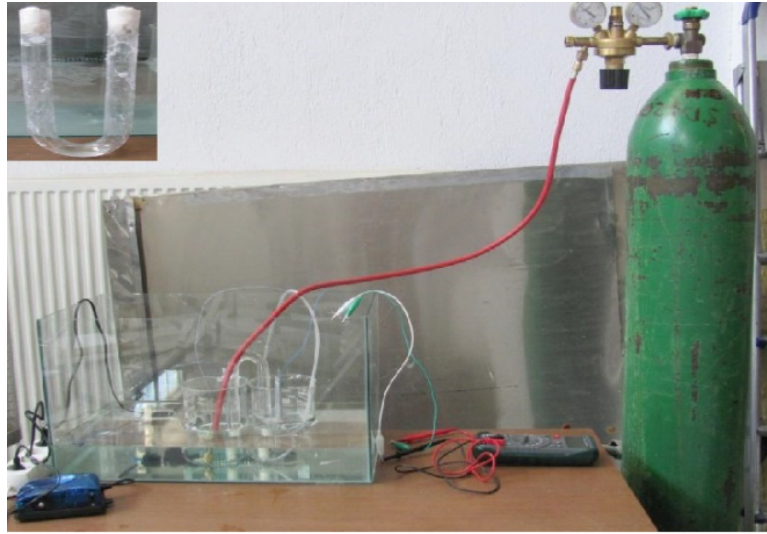
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada elektrotların yapımı için sıklığı 16 ilmek/1" olan atkılı örme yapısına sahip karbon kumaş, MYH sisteminde anot ve katot bölmeleri arasına nafion 211 membran, potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi ile tuz köprüsü ve çeşitli bakteri kültürleri kullanılmıştır.

Arıtım için iki adet MYH tasarlanmıştır. Bu sistemlerin anot bölgesinde Microlife DCT serisi bakteri kültürü ve substrat (tekstil atık suyu ve glikoz) bulunmaktadır. Sistem pH’ı 7 olacak şekilde fosfat tamponu kullanılmıştır. Anot bölgesi anaerobik ortamı sağlamak amacıyla sürekli azot gazıyla beslenmiştir. Bu amaçla azot tüpü kullanılmıştır. Katot bölgesi su ile doldurulmuş ve aerobik ortamı sağlamak amacıyla sürekli oksijen beslenmiştir. Bu ortam küçük hava kompresörü ile sağlanmıştır. Sistemler sabit sıcaklığı sağlamak amacıyla su dolu cam bioreaktör içine yerleştirilmiştir ve akvaryum ısıtıcısı kullanılmıştır. Bakterilerin substratı parçalamasıyla oluşan hidrojen iyonları sistemdeki tuz köprüsü ya da membrandan, elektronlar ise iletken tel, direnç ve elektrotlarla oluşturulmuş dış devre üzerinden katot bölgesine geçmektedir. Katot bölgesinde hidrojen, oksijen ve elektronların birleşimiyle su oluşmaktadır. Elektronlar dış devre üzerinden geçerken elektrik akımı oluşmaktadır.

#### 3.1. Tuz Köprüsü MYH

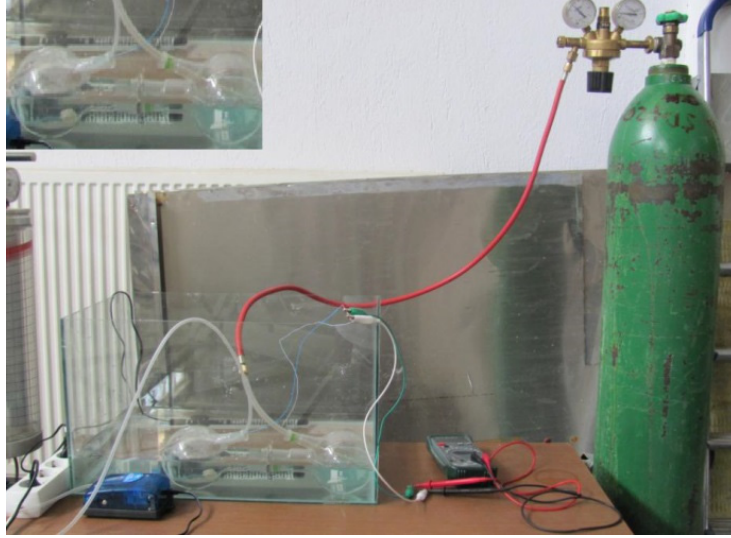
Anot ve katot bölgesi olarak 1000 ml’lik iki adet beher kullanılmıştır. 200 mg/ml saf suda çözünmüş potasyum hidroksit U şeklindeki cam boruya doldurulup, iki ucu içindeki çözeltiyi sızdırmayacak şekilde pamuk ile kapatılmıştır. Anotta üretilen hidrojen iyonlarının katoda geçmesini sağlamak amacıyla tuz köprüsü iki bölme arasına yerleştirilmiştir. Sistem görünümü Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2:**  
*Tuz köprüsü MYH deney düzeneği*

### 3.2. Membranlı MYH

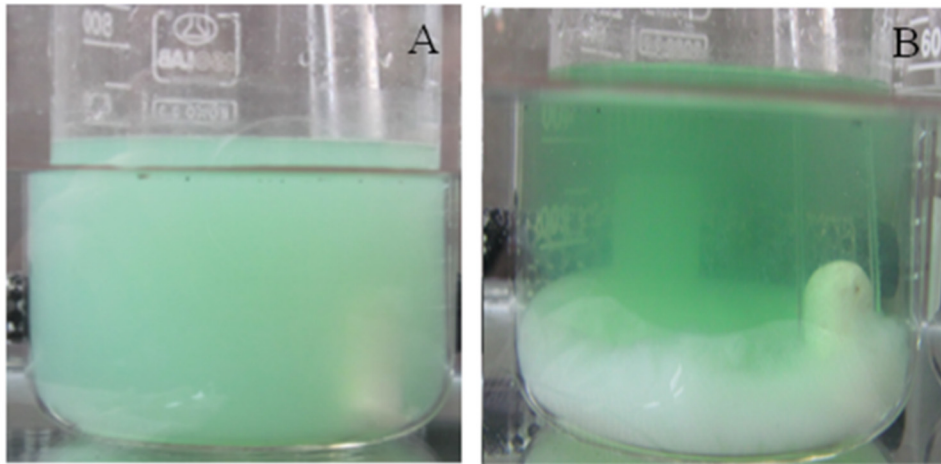
Bu sistemde de anot ve katot bölmesi olarak 500 ml'lik iki adet iki boyunlu cam balon kullanılmıştır. Bu balonlar birer uçlarından arada nafion 211 membran olacak şekilde birleştirilmiştir. Hidrojen iyonlarının geçişi bu membran üzerinden olmaktadır. Şekil 3'de sistem görünümü verilmiştir.



**Şekil 3:**  
*Membranlı MYH deney düzeneği*

## 4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

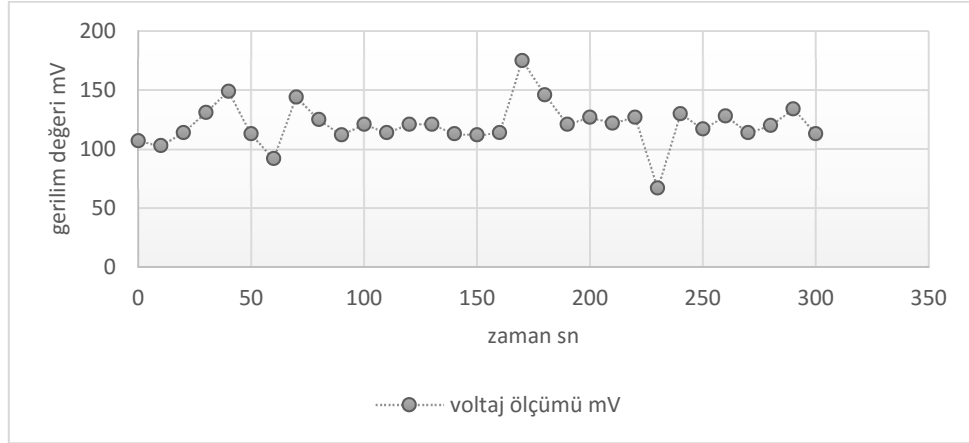
Küf tüketen bakteriye haşıl çözeltisi verip karıştırıldığında Şekil 4.a'daki gibi bir renk almıştır. Arıtım sonrasında ise Şekil 4.b'deki gibi haşıl maddesi rengi uzaklaştırılmış ve arıtılmayan kısım sistem dibine çökmüştür.



**Şekil 4:**  
*Küf tüketen bakteri ile haşıl çözeltisinin arıtım öncesi (A) ve sonrası (B) görünümü*

#### 4.1. Tuz Köprülü MYH Denei Sonuçları

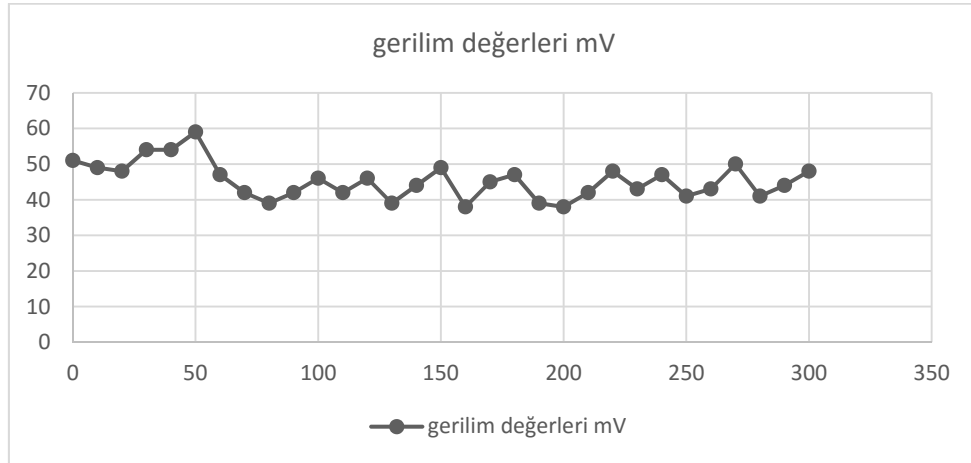
Koku tüketen bakteri ile atık boyarmadde kullanılarak yapılan deneyde kirliliğe neden olan boyarmadde moleküllerinin parçalanmasıyla oluşan gazlar buradaki bakteriler tarafından yok edilerek elektrik üretimi sağlanmıştır. 10 sn aralıklarla ölçülen gerilim sonuçları Şekil 5' te gösterilmektedir. Yapılan çalışmada ölçülen zaman süresince en yüksek 175 mV, en düşük 92 mV elektrik üretildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5:

Atık boyarmadde substratlı koku tüketen bakteri ile oluşan gerilim ölçüm sonuçları

Küf tüketen bakteri ile atık haşıl çözeltisi kullanılarak yapılan deneyde haşıl maddesinin parçalanmasıyla elektrik üretimi sağlanmıştır. Yapılan 10 sn'lik ölçümler sonucunda oluşan gerilim değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Yapılan çalışmada ölçülen zaman süresince en yüksek 59 mV, en düşük 38 mV elektrik üretildiği gözlemlenmiştir.

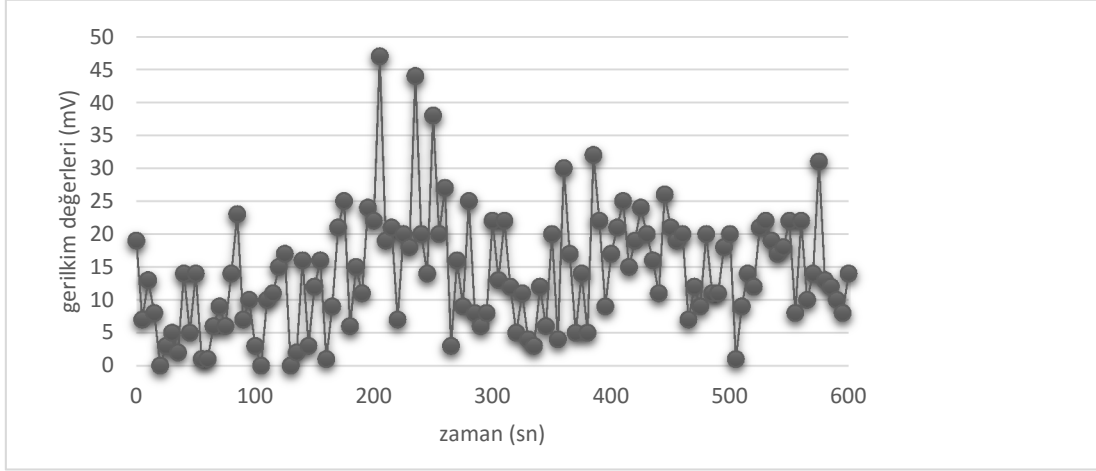


Şekil 6:

Haşıl substratlı küf tüketen bakteri ile oluşan gerilim ölçüm sonuçları

Koku tüketen bakteri ile glikoz kullanılarak yapılan deneyde glikozun parçalanmasıyla oluşan karbondioksit ve etil alkolün buradaki bakteriler tarafından tüketilmesiyle oluşan elektrik akımı

gözlemlenmiştir. Gaz çıkışı olduğu durumlarda Şekil 7’ de de görüldüğü gibi pik değerleri oluştuğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada ölçülen zaman süresince en yüksek pik değeri 47 mV olduğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 7:**

*Glikoz substratlı koku tüketen bakteri ile oluşan gerilim ölçüm sonuçları*

Küf tüketen bakteri ile glikoz kullanılarak yapılan deneyde elektrik akımı oluşumu gözlemlenmemiştir. Bunun sebebi olarak da kullanılan bakteri kültürü ve kullanılan substratın birbiriyle uyumlu olmaması sonucuna varılmıştır.

#### **4.2. Membranlı MYH Deney Sonuçları**

Membranlı MYH ile yapılan deneylerde bakteri kültürünün PEM membranlarla kullanımının uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

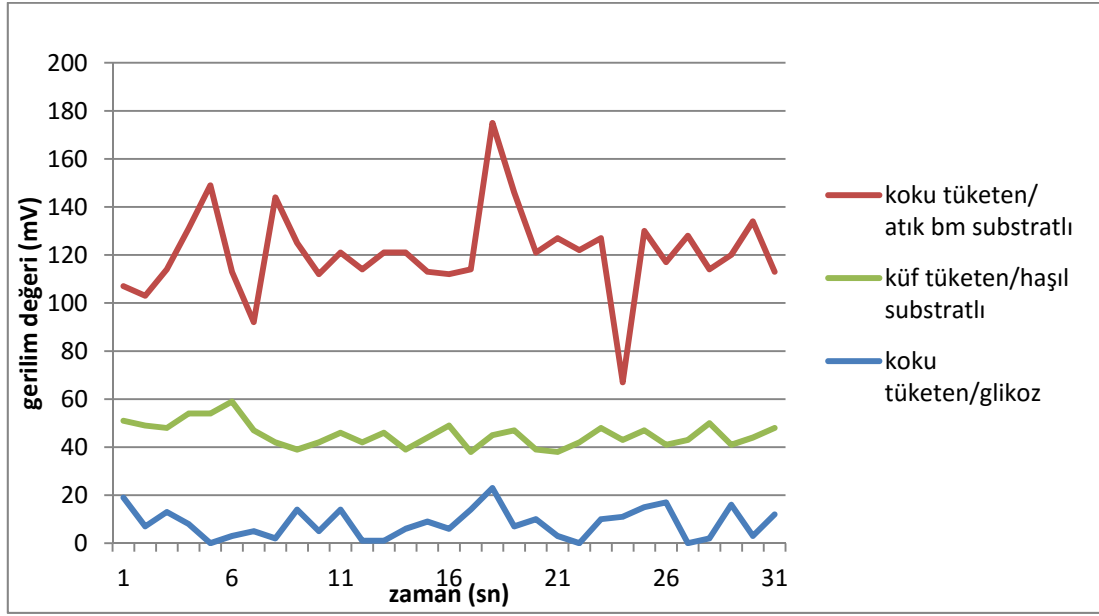
### **5. SONUÇLAR**

Koku tüketen bakteri ile atık boyarmadde kullanılarak yapılan deneyde kirliliğe neden olan boyarmadde moleküllerinin parçalanmasıyla oluşan gazlar buradaki bakteriler tarafından yok edilerek elektrik akımı üretimi sağlanmıştır. Yapılan çalışmada ölçülen zaman süresince en yüksek 175 mV, en düşük 92 mV elektrik akımı üretildiği gözlemlenmiştir. Glikoz kullanılarak yapılan deneyde glikozun anaerobik ortamda parçalanmasıyla oluşan karbondioksit ve etil alkolün buradaki bakteriler tarafından tüketilmesiyle elektrik akımı ürettiği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada ölçülen zaman süresince en yüksek 47 mV, en düşük 1 mV elektrik akımı ürettiği gözlemlenmiştir.

Küf tüketen bakteri ile atık haşıl çözeltisi kullanılarak yapılan deneyde haşıl maddesinin parçalanmasıyla elektrik üretimi sağlanmıştır. Yapılan çalışmada ölçülen zaman süresince en yüksek 59 mV, en düşük 38 mV elektrik üretildiği gözlemlenmiştir. Glikoz ile yapılan deneyde bakteri substrat uyumsuzluğu yüzünden elektrik akımı üretimi gözlemlenmemiştir.

Şekil 8’de tuz köprülü MYH deney sonuçları topluca gösterilmiştir. Buna göre en iyi sonuç koku tüketen bakteriler ile atık boyarmadde (bm) substratlı deney düzeneğinden en kötü sonuç ise koku tüketen bakteri ile glikoz substratlı deney düzeneğinden elde edilmiştir.





**Şekil 8:**  
*Tuz köprülü MYH sistemi sonuçlarının toplu gösterimi*

Yapılan bu çalışma ile ülkemizde lokomotif sektör olan tekstil endüstrisinin giderek artan atık sularının giderimi konusunda yeni bir yöntem olarak MYH kullanımı ortaya konulmuştur. MYH 'li atık giderim sisteminin yan ürünü olarak ortaya çıkan elektrik enerjisi üretimi enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz için yeni bir umut olarak ortaya çıkmaktadır.

## TEŞEKKÜR

3323-YL1-12 No'lu Proje ile çalışmamızı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Aktan, S., Çokgör, E., U., Gücin, F. (2011). Mikrobiyel Yakıt Hücresinde Shewanella Putrificiens Tarafından Organik Atıklardan Elektrik Üretimi, İTÜ Dergisi/ Su Kirlenmesi Kontrolü, 21(2), 79-87.
2. Anonim, (2012). What Next: Eco Friendly Products Powered by Mikrobial Fuel Cells. (Erişim Tarihi: 06.03.2012). <http://www.cozelti.com/makaleler/arastirma/159-yukseklisans/409-mikrobiyal-biyosensorler.html?start=1>
3. Başbuğ, M. (2008). Bentonit ve Ponza ile Sulu Çözeltiler ve Tekstil Atık Suyundan Boya Adsorpsiyonunun İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s, Isparta.
4. Birgül, A. (2006). Tekstil Endüstrisi Atık Su Arıtımında İleri Oksidasyon Proseslerinin Kullanımı, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 124s, Bursa.
5. Bisschops, I., Spanjers, H. (2003). Literature Review On Textile Wastewater Characterisation. Environmental Technology, 24, 1399-1411.

6. Çalışkan, M., Değirmenci, M. ve Çiner, F. (2002). Kot Boyama Tekstil Atık Suyunda Kalıcı KOİ'nin Belirlenmesi. DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 4 (1), 1-9.
7. Du, Z., Li, H., Gu, T. (2007). A State of the Art Review on MFCs: A Promising Technology for Wastewater Treatment and Bioenergy. Journal of Biotechnology Advances, 25, 464-482.
8. Fung, C., Y., Lee, J., Chang, I., S., Kim, B., H. (2006). Bacterial Communities in MFCs Enriched with High Concentrations of Glucose and Glutamate. Journal of Microbiology and Biotechnology, 16(9), 1481-84.
9. Gürcüm, B., H. (2005). Tekstil Malzeme Bilgisi. Grafiker Yayınları, 404s, Ankara.
10. Gürtekin, E., Şekerdağ, N. (2008). Color Removal from Textile Wastewater with Fenton Process, Journal of Engineering and Natural Sciences, 26 (3), 216-226.
11. Kaleli, B. (2006). Atık Suların İleri Arıtımında Membran Proseslerinin Kullanımının Araştırılması. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, İstanbul.
12. Kim, B., H., Chang, I., S., Gadd, G., M. (2007). Challenges in MFC Development and Operation. Journal of Applied Microbiology Biotechnology, 76, 485-94.
13. Kocaer, F., O., Alkan, U. (2002). Boyar Madde İçeren Tekstil Atıksularının Arıtım Alternatifleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7 (1), 47-55.
14. Limitsizenerji, (2014). Enerji sözlüğü. (Erişim tarihi: 08.01.2014). <http://www.limitsizenerji.com/temel-bilgiler/enerji-sozlugu>
15. Logan, B., E. (2011). Microbial Fuel Cell. (Erişim Tarihi: 05.11.2011). [http://www.research.psu.edu/capabilities/documents/MFC\\_QandA.pdf](http://www.research.psu.edu/capabilities/documents/MFC_QandA.pdf)
16. Mercimek, H.A. (2007). Trametes Versicolor'ın Tekstil Boyalarının Gideriminde Kullanım Olanakları, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64, Adana.
17. Pant, D., Bogaert, G., V., Diels, L., Vanbroekhoven, K. (2009). A review of the Substrates Used in MFCs for Sustainable Energy Production. (Erişim Tarihi:05.03.2012). [www.elsevier.com/locate/biortech](http://www.elsevier.com/locate/biortech).
18. Paul, S., A., Chavan, S., K., Khambe, S., D. (2012). Studies on Characterization of Textile Industrial Waste Water in Solapur City. Journal of Chemical Science, 10(2), 635-642.
19. Uzunoğlu, K. (2013). Terbiye. (Erişim Tarihi: 06.05.2013). <http://www.tekstilteknik.com/Referanslar/TERBIYE.asp>

Alınma Tarihi (Received) : 02.05.2014  
Düzeltilme Tarihi (Revised) : 27.04.2015  
Kabul Tarihi (Accepted) : 29.04.2015