

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: KUMAŞ ÜZERİNE MODİFİYE EDİLMİŞ ŞEKER İLE ÇALIŞAN MİKRO YAKIT PİLİ TASARIMI

TAKIM ADI: GLUCOCLOTH

TAKIM ID: 427128

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

DANIŞMAN ADI: Prof. Dr. Hilal DEMİR KIVRAK

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)	3
2. Problem/Sorun	4
3. Çözüm	4
4. Yöntem	6
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	8
6. Uygulanabilirlik	8
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	9
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)	10
9. Riskler	10
10. Proje Ekibi	11
11. Kaynaklar	12



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Akıllı tekstiller, herhangi bir etkiyi veya etki değişikliğini algılama ve bu etkiye bir tepki verme özelliğine sahip tekstil ürünleridir. Bu akıllı ürünlerin geliştirilmesi maliyetli bütçeler ve zaman gerektiren çalışmaları kapsadığından öncelikle askeri, tıbbi ve uzay çalışmalarında ilgi görmüşlerdir. Geliştirilen akıllı tekstil çözümleri ise günümüzde gündelik hayata girmeye ve tekstil ve hazır giyim sektöründe de gözlemlenmeye başlamıştır (Capineri, 2014; Lu, Xiao ve ark., 2019). Akıllı tekstil sistemleri üst düzey, orta düzey ve son seviye olmak üzere çeşitli düzeylerde düşünülmektedir. Bu seviyeler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- i. Üst düzey sistemlerde, genel performans, güç yönetimi, üretilebilirlik, maliyet, tuşe ve hata toleransı gibi yönler değerlendirilmektedir.
- ii. Bir düzey aşağısı, bellek depolama-iletim, sensör işleme ve üst düzey devre ve yazılım tasarımı ile girdi-çıkı verilerinin denetlenmesi gibi akıllı tekstil alt sistemlerini içermektedir.
- iii. Son seviyede ise, tekstille entegrasyonu mümkün olan çeşitli sensörler ve veri giriş-çıkış cihazları yer almaktadır. Örneğin, basit bir akıllı tekstil sistemi, tekstil esaslı iletken iplikleri kullanan bir veri işlemcisine ve bellek depolama birimine bağlanan sensörlerden oluşabilmektedir.

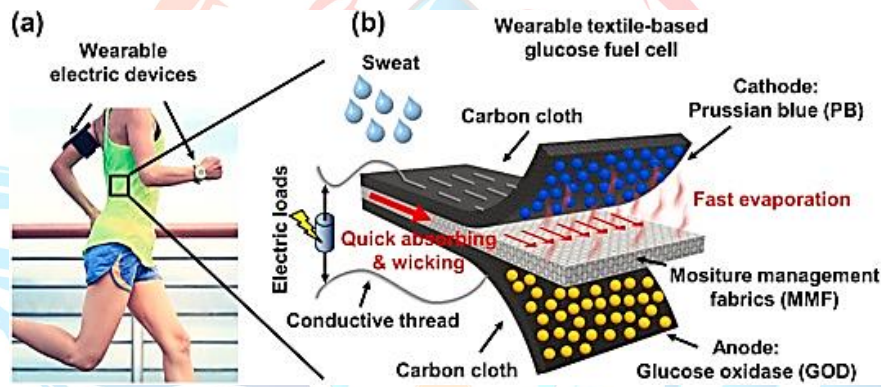
Sensör ağlarının bağımsız ve sürdürülebilir çalışmasını sağlamak için esnek, minyatürleştirilmiş bir yakıt pili, sürdürülebilir, yenilenebilir ve çevre dostu yetenekleri nedeniyle yararlı bir enerji teknolojisi olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte, örneğin bükme, katlama ve gerdirme gerektiren son derece zorlu çalışma koşulları, tamamen esnek ve gerilebilir bir yakıt pilinin geliştirilmesini gerektirir. Tekstil ürünleri esnek cihazlar için çekici malzemelerdir ve çevre ile uyumlu temas sağlamaya yönelik üstün özellikler sunar. Tekstil ürünleri hafif ve ucuzdur. Ayrıca, mikro yakıt pilleri için anot ve katotta ideal destek yüzeyleri oluşturabilirler. Tekstil ürünü temelli mikro yakıt pilleri, bükülme ve gerilmeden kaynaklanan, tekrarlanan mekanik deformasyonlarda bile üstün kendi kendini onarma ve kendi kendine montaj özelliklerine sahiptir (Su, Lu ve ark., 2022).

Yakıt pillerinde etanol, metanol, etilen glikol, formik asit, üre, sodyum bor hidrür ve glikoz gibi yakıtlar kullanılmaktadır. Şeker molekülleri biyolojik ve kimyasal açıdan, yüksek enerji yoğunluğu kapasitesine sahip olma, kolayca hareket edebilme ve kolayca parçalanabilme özelliğine sahiptirler. Şeker çeşitleri; mono-sakkaritler, disakkaritler ve poli-sakkaritlerdir. Mono-sakkaritler; karbonhidratların en küçük yapı birimi olup, şekerin en basit formuna verilen isimdir. Mono-sakkaritlerin en yalın hali olan Glikozun kimyasal yapısı 6 karbon, 12 hidrojen ve 6 oksijenden oluşmaktadır. Bir elektronik şirketi olan Sony, bitkilerde gerçekleşen, enerjiyi şeker olarak depolama işlemi olan fotosentez olayının tersini yaparak bu iki maddeden elektrik üretmeyi başardılar. Virginia Tech firmasının araştırmacıları gerçekleştirdikleri bir çalışmada, şekerin enerji depolamak için çok büyük bir kapasiteye sahip olduğunu bunun da mevcut batarya teknolojisine göre yaklaşık 10 kat kadar olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, şekerden elde edilen bataryalar çevreyle dost bir teknolojidir (Lui, Jiang ve ark., 2017).

Amacımız şeker (glikoz) ile çalışan ve kumaş üzerine modifiye edilmiş prototip yakıt pili üretmektir. Bu çalışma kapsamında, sıcaklığa duyarlı ve mikroglikoz yakıt pillerinde anot olarak kullanılabilir kumaş temelli yakıt pili anotları geliştirilecektir. PNIPAM üzerinde desteklenecek kumaş TiO_2 , C katkılı TiO_2 temelli fotokatalizörleri ile de katkılanarak hem termal konfor testleri yapılacak hem de mikro yakıt pili anotu olarak performansı incelenecektir.

2. Problem/Sorun

Günümüzde kablosuz sensör ağlarının hızlı gelişimi ile, gerçek verileri toplamak için çok çeşitli ortamlarla kolayca entegre edilebilen esnek ve gerilebilir elektronik cihazlara açık ve acil bir ihtiyaç vardır. Bu elektronik cihazlar, insanlar üzerinde kullanıldıklarında ve yakın bir şekilde takılıyken bile güvenilir bir şekilde çalışmalıdır. Bunu sağlayabilmek için giyilebilir mikro yakıt pillerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Genel güvenlikleri ve taşınabilirlikleri göz önüne alındığında, sıvı yakıt pilleri, giyilebilir cihazların geliştirilmesine gaz yakıt hücrelerinden daha uygundur ve pratik olarak daha uygulanabilir. Giyilebilir yakıt pillerinin geliştirilmesinde en büyük problemlerden biri yakıt pili için geliştirilen anot ve katot katalizörlerinin kumaş üzerine modifiye edilmesi konusudur. İkinci problem ise yakıt pilinde kullanılacak olan yakıtın insan vücuduna teması halinde toksik ve zehirli etkiler göstermemesidir. Giyilebilir yakıt pillerine yönelik çalışma literatürde yok denecek kadar az olduğundan bu konu üzerinde ayrıntılı ve deneysel çalışmaların yapılması ve akabinde giyilebilir yakıt pillerinin geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.1. Tekstil Temelli Glikoz Yakıt Pili

3. Çözüm

Giyilebilir yakıt pillerinin geliştirilmesinin önündeki problemleri yukarıda belirtmiştik. Bu problemler yakıt pili anodu ve katodu için sentezlenen katalizörlerin kumaş üzerine uygulanarak anodun ve katodun tasarlanması ve akabinde bir membran elektrot assembly oluşturularak yakıt pilinin oluşturulmasıdır. Bütün bu aşamalara geçmeden önce yapılması gereken yakıt pilinin hangi yakıt ile çalışacağına karar vermektedir. Yakıt pilinin tekstil ürünü üzerine tutturularak esnek bir kumaş/yakıt pili cihazı elde edebilmek için bir sıvı yakıt pili olmasında karar kıldık. Öte yandan, daha önce de belirttiğimiz gibi toksik ve alerjen olmaması ve ucuz ve kolay ulaşılabilir olması gibi sebeplerle glikozu yani şekeri yakıt olarak seçtik. Böylece, tekstil ürünleri mikro yakıt pillerine bükme, katlama ve gerdirme gereken işlemlerde üstün özellikler sağlayacağından tasarlayacağımız mikro yakıt pilinin hem esnek hem de giyilebilir olması mümkün olacaktır.

Şeker ile çalışan giyilebilir yakıt pilini montumuzun koluna modifiye edebildiğimiz bir kumaş parçası üzerindeki bir yakıt pili olarak (bir güç kaynağı) olarak düşünelim. Araziye çıktığımızda telefonumuzu bu yakıt pili üzerine tutturarak şarj edebileceğimiz durumu düşündüğümüzde görünür bölgede çalışabilen bir yakıt pili anodu ve katodu tasarlamak önemlidir. Bu tip yakıt pilleri fotoelektrokimyasal yakıt pilleri olarak adlandırılır. Foto-elektrokimyasal glikoz yakıt pili, elektrik enerjisinin güneş ışığından ve glikozdan üretilmesini sağlayan hibrit pillerdir. Foto-elektrokimyasal hücrelerde yüksek kuantum verimlerine sahip olan yarı iletkenler kullanılmaktadır. Bu nedenle yarı iletken olan ve UV bölgede aktif olan ve bant 3,2 eV olan TiO_2 anot olarak seçilmiştir. Amacımız

burada sentez esnasında karbon katkılayarak TiO₂ bant aralığını görünür bölgeye çekebilmektir. TiO₂ yarı iletkeni UV dalga boyunda (> 450 nm) aktif bir fotokatalitik özellik gösterirken, görünür dalga boyunda bant boşluk enerjisinden dolayı aktif değildir. Yarı iletken bir maddenin çok geniş bir yelpazede fotokatalitik etki gösterebilmesi için sadece UV ışınının kullanılması, “fotokataliz” in ekonomik bir yöntem olmasını engellemektedir (Chang, Tzeng ve ark., 2009; Fujishima, Zhang ve ark., 2008; Mor, Varghese ve ark., 2006; Ni, Leung ve ark., 2007a). Bir yarı iletkenin, görünür bölge ışınları ile katalitik aktivite gösterebilmesi için sahip olduğu bant enerji aralığının değiştirilmesi gerekmektedir. Literatürde yarı iletkenin kristal yapısında oluşturulan ikinci bir maddenin, yarı iletkenin fotokatalitik aktivitesini önemli ölçüde değiştirdiği rapor edilmiştir (Anpo, Dohshi ve ark., 2005; Aroutiounian, Arakelyan ve ark., 2005; Kitano, Matsuoka ve ark., 2007; Kudo ve Miseki, 2009; Luo, Takata ve ark., 2004; Moon, Matsumura ve ark., 2003; Ni, Leung ve ark., 2007b; Osterloh, 2008; Park, Kim ve ark., 2006; Yamashita, Harada ve ark., 2003).

Bu yaklaşımlar arasında, karbon katkılama da TiO₂'in bant aralığını görünür bölgeye çekme konusunda ciddi bir fark yaratmaktadır. Danışmanımız Prof. Dr. Hilal DEMİR KIVRAK ve ekibi TiO₂ nanotüpler üreterek bu TiO₂ nanotüpler üzerine karbon katkılayarak glikoz yakıt pili performanslarını araştırmışlardır. **“Fabrication of Carbon-Doped Titanium Dioxide Nanotubes as Anode Materials for Photocatalytic Glucose Fuel Cells”** başlıklı bu çalışma Journal of electronic materials dergisinde 2021 yılında yayınlanmıştır. Yayının künyesi ve özeti Şekil 3.1.’de verilmiştir.

Original Research Article | Published: 29 January 2021

Fabrication of Carbon-Doped Titanium Dioxide Nanotubes as Anode Materials for Photocatalytic Glucose Fuel Cells

Aykut Çağlar, Hilal Kivrak, Nahit Aktas & Ali Osman Solak

Journal of Electronic Materials 50, 2242–2253 (2021) | [Cite this article](#)

395 Accesses | 4 Citations | [Metrics](#)

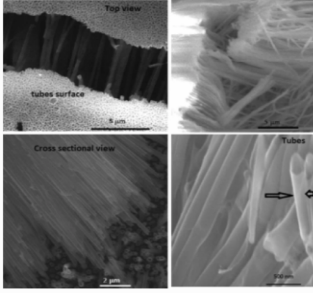
Abstract

In the present work, TiO₂ nanotubes (TNT) and carbon-doped TiO₂ nanotubes (C-TNT) were produced via the anodization method. Carbon doping was performed on TNT in a tubular oven employing two different 15 cm³/min total flow rates with varying compositions of acetylene (C₂H₂) and argon (Ar) as V_{C₂H₂/Ar} = 7/93 (1 cm³/min C₂H₂ + 14 cm³/min Ar) for C-TNT (7:93) and V_{C₂H₂/Ar} = 33/67 (5 cm³/min C₂H₂ + 10 cm³/min Ar) for C-TNT (33:67). The synthesized

Download PDF

Sections **Figures** References

Fig. 1



View in article Full size image

Şekil 3.1. “Fabrication of Carbon-Doped Titanium Dioxide Nanotubes as Anode Materials for Photocatalytic Glucose Fuel Cells” başlıklı Journal of electronic materials dergisinde 2021 yılında yayın

Bu çalışmada, karbon katkılı TiO₂ nanotüpler, glikozun fotokatalitik oksidasyonu için anot katalizörleri olarak kullanıldı. Karanlıkta ve UV aydınlatması altında ($\lambda = 354$ nm) karbon katkılı TiO₂ nanotüplerin glikoz elektro-oksidadasyon aktivitesini araştırmak için döngüsel voltametri (CV), kronoamperometri (CA) ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) ölçümleri yapıldı. Sonuçlar, karbon katkılı TiO₂ nanotüplerin üzerindeki glikoz elektro-oksidadasyon akım yoğunluğu, karanlıkta elde edilen glikoz elektro-oksidadasyon aktivitesine kıyasla UV aydınlatması altında önemli ölçüde arttığını ve karbon katkılı TiO₂ nanotüplerin aktivitesinin TiO₂ nanotüplerden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada, yazarlar bu elektrot üretim yönteminin, fotokatalitik glikoz

yakıt hücrelerinin tasarımı için umut verici olduğunu rapor etmişlerdir.

Yukarıda rapor ettiğimiz literatür bilgisi ışığında şeker ile çalışan giyilebilir glikoz yakıt pilinin görünür bölgede etkin olabilmesi için yarı iletken TiO_2 ve karbon katkılı TiO_2 sentezlenerek yakıt pili anot performansları ölçülecektir. Bu katalizörler toz halde elde edilebilmektedir. Bu katalizörleri kumaşa modifiye etmek için biyo-uyumlu bir polimer olan Poly(NIPAM), NIPAM polimerinden sentezlenerek TiO_2 ve karbon katkılı TiO_2 jelleşme esnasında polimerin içerisine konulacak ve kumaş üzerine yayılarak Poly(NIPAM)/kumaş/katalizör kompozit elektrotları oluşturulacaktır. Bu son aşama ile katalizörün kumaş üzerine modifiye edilmesi problemi de ortadan kaldırılacaktır.

4. Yöntem

Bu çalışma kapsamında, yüksek aktiviteye sahip TiO_2 , C katkılı TiO_2 fotokatalizörleri hazırlanarak bu katalizörlerin UV ve görünür bölgede glikozun elektrooksitlenmesindeki etkinlikleri incelenecektir. Ayrıca, bu katalizörlerin kumaş yüzeyine polimer ile modifiye edilerek kumaşın yüzeyinin anot olarak kullanılmasının olanağı da araştırılacaktır. Katalizörlerin sentezinde TiO_2 ticari olarak elde edilecektir. C katkılı TiO_2 ise laboratuvarımızda hazırlanacaktır. Kumaşa modifiye edilirken Poly(NIPAM) kullanılacaktır. Katalizörlerin karakterizasyonları ileri analitiksel yöntemler ile yapılacaktır. Elektrokimyasal ölçümler CHI 660 E potansiyostat ile yapılacaktır. Bu kapsamda, proje çalışması sentez, karakterizasyon ve elektrokimyasal uygulamalar olmak üzere üç kısımdan oluşacaktır.

C katkılı TiO_2 Sentezi, Hekzan/ TiO_2 karışımı 1 argon atmosfer altında fırın içerisinde 2 saat boyunca 400 °C'ye kadar 10°C/dk hızında ısıtılarak bozundurulup ve bir fan yardımıyla soğutularak sentezlenecektir. İkinci aşamada ise PNIPAM Sentezlenecektir. Sentezin ilk aşamasında; 0,175 gr NIPAM monomeri üzerine 3 mL saf su eklenir ve ultrasonik banyoda karıştırıldı. Ardından çapraz bağlayıcı olan Metilen Bis Akrilamid'ten 0,00238 gr eklenecektir. Katalizör/PolyNIPAM sentezi yapılacaktır. Elde edilen PNIPAM'den kompozit elde etmek için; monomerinin %10'u kadar C katkılı TiO_2 katalizörü eklenecek ve sentez aşaması PNIPAM'de olduğu gibi ilerletilecektir. Son olarak başlatıcı olan Amonyum Persülfat $((NH_4)_2S_2O_8)$ 'tan 0,00353 gr eklenecektir. Eklenen başlatıcı polimerleşmeyi başlatır bu nedenle başlatıcı konulduğu anda hemen yüzey kaplamasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede TiO_2 ve C katkılı TiO_2 gibi katalizörler PNIPAM içerisine konularak kompozit elde edilecektir. Projemiz kapsamında hazırlanacak tüm elektrotlar elementel analiz, atomik güç mikroskobu, X-Işını Kırınım yöntemi, X- ışınları foto elektron Spektroskopisi yöntemi ve geçirimli elektron mikroskobu ile tanımlanacaktır.

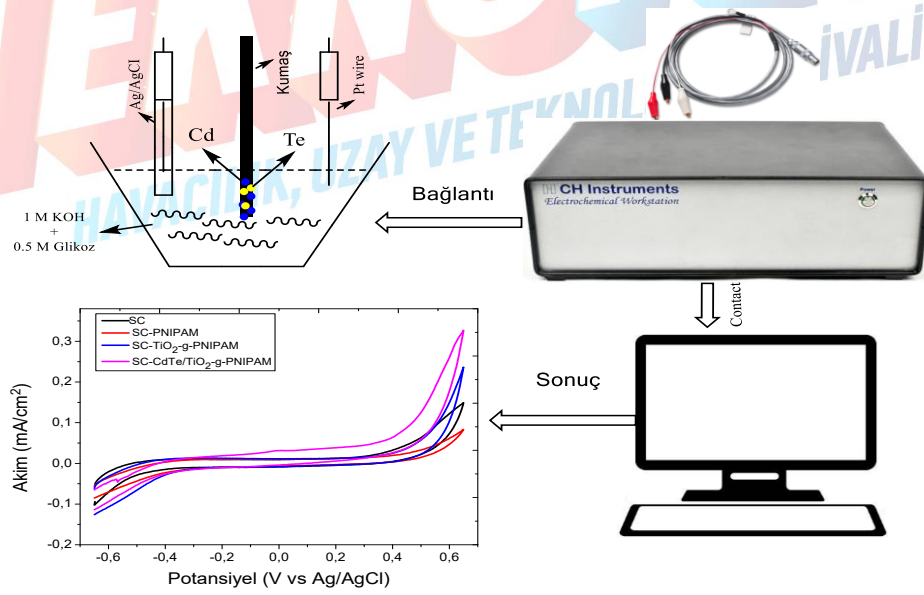
Analizi yapılan 4 farklı kumaş vardır. Bunların proje kapsamında çalışılmakta olan Yünsa Yünlü San. TİC. A.Ş. tarafından belirlenmiş olan isimleri ile Dante, Sign Cocona, Valencia ve Broadway'dir. Bu kumaşların sırası ile bileşimleri; (%43 Yün, %53 Poliester %4 Elastan), (%60 Yün %40 Poliester), (%14 Yün, %84 Viskon, %2 Elastan), (%86 Yün, %10 Poliamid 66, %4 Elastan)'dır. 4 kumaş 3 cm² boyutunda kesilip alınan ölçümler bu boyut baz alınarak yapılacaktır. Elde edilen kompozit mikropipet yardımıyla kumaş yüzeylerine eklendi ve kumaş yüzeyleri kaplanacaktır. 24 saat beklenecek ve polimer-kompozit ile kaplanmış kumaş elektrot hazırlanacaktır. Elde edilen kompozit ile kaplanmış kumaş elektrotların katalitik aktiviteleri döngüsel voltametri (cyclic voltammetry – CV) ile incelenmiştir. -0,65V - +0,65V potansiyel aralığında 50 mV/s tarama hızıyla elde edilecektir. CV analizleri 1 M KOH ve 1 M KOH + 0,5 M Glikoz çözeltisi içerisinde oda sıcaklığında gerçekleştirilecektir.



Şekil 4.1. Test Edilen Kumaş Numuneleri



Şekil 4.2. Kumaş Yüzeyi Kaplaması için Sentez ve Uygulama Aşaması



Şekil 4.3. Elektrokimyasal Ölçüm Şeması

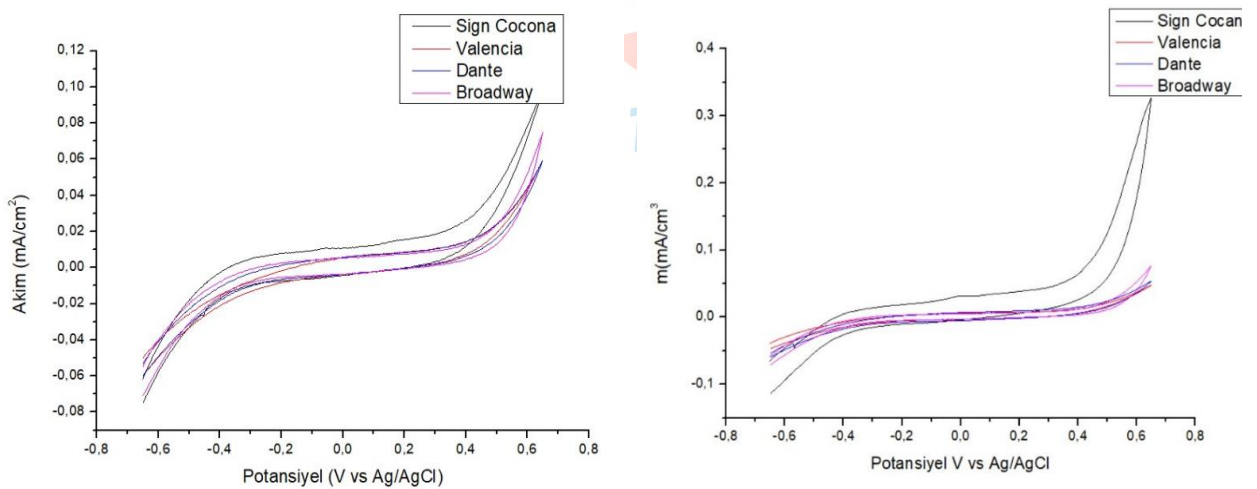
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Günümüzde akıllı tekstil ürünlerinin geliştirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Akıllı tekstil üzerine modifiye edilebilecek güç üreten cihazların esnek olması gerekmektedir. Bu özelliği taşıyan glikoz yakıt pilleri hem esnek olarak tasarlanabilmesi hem de ucuz ve toksik olmaması gibi üstün avantajları ile tercih edilebilir bir yakıt pildir. Bu proje kapsamında önerdiğimiz şekerle çalışan giyilebilir bir yakıt pili tasarımında kullanılacak anot elektrodunun tasarımı yapılacaktır. Bu projede YÜNSA YÜNLÜ SANAYİ’den alınacak olan farklı özelliklerdeki kumaşlar üzerine TiO_2 ve karbon katkılı TiO_2 modifiye edilecektir. Bu malzemeler literatürde daha önce çalışılmış olmasında rağmen ilk defa tarafımızdan bir polimer yardımı ile kumaş üzerine uygulanarak bir kumaş ve polimer temelli kompozit elektrot hazırlanacaktır. Bu yönüyle baktığımızda çalışmamız bilimsel literatürde ilk defa yapılacak olup tamamen özgün bir proje olacaktır.

Yakıt pillerinin kumaş üzerine uygulanması henüz ticarileşmemiş ve bilimsel literatürde yeni yeni çalışılan bir konudur. Glikoz yakıt pilinin kumaş üzerine uygulanması konusunda literatürde rapor edilen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda, önerdiğimiz proje tamamen yenidir ve önerdiğimiz projenin başarılı olması halinde akıllı tekstil alanında bir devrim yaratacaktır.

6. Uygulanabilirlik

Projemizin uygulanabilir olma potansiyeli çok yüksektir. Yukarıda da belirttiğimiz gibi daha önce ekimizde yapılan bir çalışmada TiO_2 nanotüp ve karbon katkılı TiO_2 nanotüpün glikoz elektrooksitleme aktivitelerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kumaş üzerine modifikasyonunda iletkenlik probleminin olup olmadığını saptamak maksadı ile yaptığımız ön denemelerde kumaşların tek başına glikoz elektrooksitlemelerinin 0.1 mA/cm^2 seviyelerinde olduğunu gördük. Katalizörlerin glikoz elektro-oksidadasyonlarına karşı katalitik özelliklerini belirlemek için farklı kumaşlar üzerinde CV analizleri gerçekleştirildi. Bu kumaşlar önce %0,1 V 1 M KOH’ta toplam akım -0,65 ile +0,65 V arasında olacak şekilde ve 50 mV/s tarama hızına sahip çözelti içerisinde, daha sonra %0,1 V 1 M KOH + 0,5 M glikoz çözeltisinde CV ile oda sıcaklığında kaydedildi. Farklı kumaşların %0,1 V 1 M KOH içerisinde aktiviteleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. (a) 1 M KOH ve (b) 1 M KOH + 0,5 M Glikoz içerisinde kumaşların CV ölçümü.

Kumaşlar CV ölçümü alınarak karşılaştırıldığında %0,1 V 1M KOH içerisinde en iyi aktivite gösteren kumaşın Sign Cocona (SC) olduğu görülmüştür. Kumaş da herhangi bir iletkenlik problemi olmadığı görülmektedir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Proje fikrindeki şeker ile giyilebilir yakıt pili anot katalizörünün yapım aşamaları aşağıdaki Tablo-1'de belirtilmiştir.

Tablo 7.1. Şeker ile Giyilebilir Yakıt Pili Anot Katalizörünün Yapım Aşamaları

IP	İş Paketleri	Durum	Süresi AY	2022		
				5	6	7
1	Karbon katkılı TiO ₂ üretimi	TAMAMLANDI	1			
2	TiO ₂ modifiye Poly(NIPAM) üretimi	TAMAMLANDI	1			
3	Karbon katkılı TiO ₂ modifiye Poly(NIPAM) üretimi	TAMAMLANDI	1			
4	TiO ₂ /Poly(NIPAM) ve karbon katkılı TiO ₂ /Poly(NIPAM) karakterizasyonu	DEVAM EDİYOR	2	X	X	
5	Kumaş/polimer/katalizör üretimi ve karakterizasyonu	DEVAM EDİYOR	2	X	X	X
6	Elektrokimyasal ölçümler	DEVAM EDİYOR	3	X	X	X

Proje fikrinin gerçekleşmesi için gerekli maliyet aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 7.2. Proje Maaliyeti (5 cm² kumaş kaplamada kullanılan kimyasal/karakterizasyon birim fiyat listesi)

Malzeme adı	Ölçü	Miktar	Birim Fiyatı	1.000 Adet Üretim İçin Toplam Maaliyet
TiO ₂	1 adet	0,0175 gr	0,6125 ₺	612,5 ₺
NIPAM	1 adet	0,175 gr	19,25 ₺	19.250,00 ₺
Hekzan	1 adet	0,5 mL	1,25 ₺	1.250,00 ₺
KOH	1 adet	1,122 gr	0,8415 ₺	841,5 ₺
Glikoz	1 adet	1,806 gr	2,0318 ₺	2.031,8 ₺
N,N,N',N'-Tetrametiletilediamin	1 adet	0,015 mL	0,0499 ₺	49,9 ₺
Amonyum Persülfat	1 adet	0,0024 gr	0,0042 ₺	4,2 ₺
N,N'-Metilenbisakrilamid		0,0036 gr	0,0222 ₺	22,2 ₺
AFM Karakterizasyonu	-	1 adet	300,00 ₺	30.000,00 ₺
XRD Karakterizasyonu	-	1 adet	210,00 ₺	21.000,00 ₺
TEM Karakterizasyonu	-	1 adet	300,00 ₺	30.000,00 ₺
Elementel Karakterizasyonu	Analiz	1 adet	200,00 ₺	20.000,00 ₺
XPS Karakterizasyonu	-	1 adet	200,00 ₺	20.000,00 ₺
Toplam				145.062,1 ₺

NOT: Her üretimin %10'u kadar karakterizasyon bütçesi listede yer almaktadır (1.000 adet üretimde 100 adet karakterizasyon yapılacaktır). 5 cm² boyutunda C-katkılı TiO₂ -g-PNIPAM kompozit kaplı kumaş, tekstil ürünleri üzerine modifiye edilecektir.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Bu proje fikri akıllı ve kendi enerjisini üretebilen bir tekstil ürünü olduğundan akıllı tekstillerin önemli olduğu ve kullanıldığı alanlarda kullanılabilecektir. Özellikle güç üretiminin gerekli olduğu askeri giysiler, performanslı spor giysileri gibi birçok alanda uygulama bulabilir. Bu kumaşın ürettiği enerji, dağcılar ve maceraperestler adına çeşitli GPS sistemlerini çalıştırabileceği için proje fikrine bu kesimin de rağbet göstermesini bekliyoruz. Ayrıca her daim elektrige ihtiyaç duyan ve tehlikeli işlerle uğraşan insanlar için de bu kumaşın önem taşıyabileceğini düşünmekteyiz. Tabii sürdürülebilirlik tutkunlarını da işin içine dahil etmek gerekiyor.

9. Riskler

Projenin sürdürülmesinde oluşabilecek risklerden Tabloda verilmiştir.

Tablo 9.1. Risk Yönetimi Tablosu

İP No	Risk(ler)in Tanımı	Alınacak Tedbir (ler) (B Planı)
1	Karbon katkılı TiO ₂ üretimi ile bant aralığının beklendiği gibi değişmemesi	Karbon katkılamanın sonradan yapılması karbonun TiO ₂ yüzeyine kaplaması kristal yapı içerisine girmesine engel olursa TiO ₂ sol-jel yöntemi ile sentezlenecek ve karbonun yapı içerisine girerek TiO ₂ 'in elektronik durumunu değiştirmesi hedeflenecektir.
3	Karbon katkılı TiO ₂ modifiye Poly(NIPAM) üretiminde polimerin dağılması ve yapının bozulması	Elektrot hazırlama esnasında kumaşın üzerine kaplama yaparken Poly(NIPAM) fazla katalizör yüklemesi sebebi ile dağılabilir bu nedenle katalizör miktarını yüksek tutmadık. Fakat bu halde akımların düşük gelmesi gibi bir durum söz konusu olursa katalizör miktarının optimum miktarı bulunan kadar ekleme yapılarak katalizör miktarı kumaş/polimer/katalizör kompozit elektrodu oluşturulurken değiştirilebilir
4	TiO ₂ /Poly(NIPAM) ve karbon katkılı TiO ₂ /Poly(NIPAM) karakterizasyonu	Karakterizasyonu için herhangi bir risk beklenmemektedir.
6	Elektrokimyasal ölçümler	Ön denemelerde sadece kumaş üzerinde yapılan ölçümlerde bile glikoz elektrooksitleme aktivitelerinin ölçülebildiğini gördüğümüzden kumaş üzerine kaplanmış malzemelerin elektrokimyasal ölçümlerinde herhangi bir risk beklenmemektedir

10. Proje Ekibi

Takım Lideri: Başak ŞAHAN

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Bölüm	Projeyle veya Problemlle İlgili Tecrübesi
Prof. Hilal Demir KIVRAK	Proje Danışmanı	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Kimya Mühendisliği	Yakıt pilleri ve malzeme konusunda uzmandır. Bu konuda 90 üzerinde makalesi bulunmaktadır. Yakıt pili konusunda bir Türkçe kitabı mevcuttur. Yakıt pillerinin geliştirilmesi, sensörler ve glikoz yakıt pilleri konusunda çalışmaları mevcuttur.
Dr. Neslihan KORKMAZ	Proje Yönlendirme ve Araştırma	Yünsa Yünlü San. TİC. A.Ş.	Ar-Ge Departmanı	YÜNSA Ar-Ge departmanında çalışmaktadır. Akıllı tekstil üretimin konusunda çalışmalar yapmaktadır. Projede malzemelerin kumaş zerine uygulanması konusunda destek vermektedir.
Aykut ÇAĞLAR	Proje Yönlendirme ve Araştırma	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Kimya Mühendisliği	Doktora öğrencisidir. Fotokatalitik yakıt pilleri konusunda çalışmaktadır.
Başak ŞAHAN	Proje Yönlendirme ve Araştırma	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Kimya Mühendisliği	Lisans öğrencisidir. Bitirme projesi kapsamında yakıt pilleri ve akıllı tekstil uygulamaları konusunda araştırmalar yapmaktadır.
Ayşe Gözde SAYIN	Proje Yönlendirme ve Araştırma	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Kimya Mühendisliği	Lisans öğrencisidir. Bitirme projesi kapsamında yakıt pilleri ve akıllı tekstil uygulamaları konusunda araştırmalar yapmaktadır.
Yücel Tunçbora PELEN	Proje Yönlendirme ve Araştırma	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Kimya Mühendisliği	Lisans öğrencisidir. Bitirme projesi kapsamında yakıt pilleri ve akıllı tekstil uygulamaları konusunda araştırmalar yapmaktadır.

11. Kaynaklar

Anpo, M., Dohshi, S., Kitano, M., Hu, Y., Takeuchi, M., Matsuoka, M., 2005. "The preparation and characterization of highly efficient titanium oxide-based photofunctional materials". *Annual Review of Materials Research*, 351-27.

Aroutiounian, V. M., Arakelyan, V. M., Shahnazaryan, G. E., 2005. "Metal oxide photoelectrodes for hydrogen generation using solar radiation-driven water splitting". *Solar Energy*, 78(5): 581-92.

Capineri, L., 2014. "Resistive sensors with smart textiles for wearable technology: from fabrication processes to integration with electronics". *Procedia Engineering*, 87724-27.

Chang, H. Y., Tzeng, W. J., Cheng, S. Y., 2009. "Modification of TiO₂ nanotube arrays by solution coating". *Solid State Ionics*, 180(11-13): 817-21.

Fujishima, A., Zhang, X. T., Tryk, D. A., 2008. "TiO₂ photocatalysis and related surface phenomena". *Surface Science Reports*, 63(12): 515-82.

Kitano, M., Matsuoka, M., Ueshima, M., Anpo, M., 2007. "Recent developments in titanium oxide-based photocatalysts". *Applied Catalysis a-General*, 325(1): 1-14.

Kudo, A., Miseki, Y., 2009. "Heterogeneous photocatalyst materials for water splitting". *Chemical Society Reviews*, 38(1): 253-78.

Lu, Y., Xiao, X., Fu, J., Huan, C., Qi, S., Zhan, Y., Zhu, Y., Xu, G., 2019. "Novel smart textile with phase change materials encapsulated core-sheath structure fabricated by coaxial electrospinning". *Chemical Engineering Journal*, 355532-39.

Lui, G., Jiang, G., Lenos, J., Lin, E., Fowler, M., Yu, A., Chen, Z., 2017. "Advanced Biowaste-Based Flexible Photocatalytic Fuel Cell as a Green Wearable Power Generator". *Advanced Materials Technologies*, 2(3): 1600191.

Luo, H. M., Takata, T., Lee, Y. G., Zhao, J. F., Domen, K., Yan, Y. S., 2004. "Photocatalytic activity enhancing for titanium dioxide by co-doping with bromine and chlorine". *Chemistry of Materials*, 16(5): 846-49.

Moon, S. C., Matsumura, Y., Kitano, M., Matsuoka, M., Anpo, M., 2003. "Hydrogen production using semiconducting oxide photocatalysts". *Research on Chemical Intermediates*, 29(3): 233-56.

Mor, G. K., Varghese, O. K., Paulose, M., Shankar, K., Grimes, C. A., 2006. "A review on highly ordered, vertically oriented TiO₂ nanotube arrays: Fabrication, material properties, and solar energy applications". *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 90(14): 2011-75.

Ni, M., Leung, M. K. H., Leung, D. Y. C., Sumathy, K., 2007a. "A review and recent developments in photocatalytic water-splitting using TiO₂ for hydrogen production". *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 11(3): 401-25.

Ni, M., Leung, M. K. H., Leung, D. Y. C., Sumathy, K., 2007b. "---(REVIEW)--- A review and recent developments in photocatalytic water-splitting using TiO₂ for hydrogen production". *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 11(3): 401-25.

Osterloh, F. E., 2008. "Inorganic materials as catalysts for photochemical splitting of water". *Chemistry of Materials*, 20(1): 35-54.

Park, J. H., Kim, S., Bard, A. J., 2006. "Novel carbon-doped TiO₂ nanotube arrays with high aspect ratios for efficient solar water splitting". *Nano Letters*, 6(1): 24-28.

Su, Y., Lu, L., Zhou, M., 2022. "Wearable Microbial Fuel Cells for Sustainable Self-Powered Electronic Skins". *ACS applied materials & interfaces*, 14(7): 8664-68.

Yamashita, H., Harada, M., Misaka, J., Takeuchi, M., Neppolian, B., Anpo, M., 2003. "Photocatalytic degradation of organic compounds diluted in water using visible light-responsive metal ion-implanted TiO₂ catalysts: Fe ion-implanted TiO₂". *Catalysis Today*, 84(3-4): 191-96.