

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: Boya Duyarlı Güneş Pillerinde Kullanılan Titanyum Dioksit Tabanlı Nano Malzemelerin Üretilmesi ve Geliştirilmesi

TAKIM ADI: Pv Energy

TAKIM ID: T3-12609-162

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite

DANIŞMAN ADI: Dr. Öğr. Üyesi Fatma AYDIN ÜNAL

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Bu projede üçüncü nesil güneş pili grubunda yer alan Boya Duyarlı Güneş Pilleri'nin negatif kısmı olan elektrot malzemesi olarak kullanılacak Titanyum Dioksit (TiO₂) tabanlı nano malzemelerin üretilmesi ve geliştirilmesi hedeflenmiştir. Titanyum dioksit (TiO₂) elektro-optik özelliklerinin yanında yüksek verim, düşük maliyet gibi avantajlarından dolayı yenilenebilir enerji ve fotovoltaik uygulamalarda son zamanlarda adından sıkça söz ettirmektedir. Proje kapsamında yürütülecek çalışmada, boya duyarlı güneş pillerinde kullanılan TiO₂ tabanlı nano malzemelerinin Fe, Ni ve Co gibi geçiş metalleri ile katkılanarak üretilmesi, SEM/EDS, XRD, DLS, FT-IR, UV-Vis gibi boya duyarlı güneş pillerinde kullanılacak TiO₂ tabanlı nano malzemenin kalitesini tespit etmek için gerekli analiz yöntemleriyle karakterize edilmesi ve TiO₂ tabanlı nano malzemelerin boya duyarlı güneş pillerinin gelişiminde rol oynayacak önemli özelliklerinin artırılması amaçlanmıştır.

2. Problem/Sorun:

Fosil yakıtların yavaş yavaş tükenmesi ile yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç günden güne artmaktadır. Güneş pilleri, sınırsız bir enerji kaynağı olan güneşten faydalanarak fotovoltaik bir sistemle elektrik enerjisi ürettiğinden dolayı temiz enerji sorununa doğrudan cevap niteliği taşımaktadır. Boya Duyarlı Güneş Pilleri düşük ışımaya koşullarında çalışabilme, yüksek sıcaklıkta çalışabilme, düşük enerji ihtiyacıyla yüksek verimde çalışabilme, çevre dostu yapıya sahip olma gibi avantajlara sahip olsalarda diğer güneş pilleriyle kıyaslandığında oldukça düşük verimde çalışmaktadırlar. Günümüzde Boya Duyarlı Güneş Pillerini geliştirmek için farklı organik boya türleri kullanılmakta, Farklı element katkılı iletken camlar kullanılmakta, farklı katot malzemeler denenmekte ve Titanyum dioksit fotoanot malzemesi farklı elementlerle katkılanmaktadır. Boya duyarlı güneş pilleri üzerinde her ne kadar farklı iyileştirmeler ve farklı çözümler denenmiş olsada, hala perovskite güneş pilleri, silikon tabanlı güneş pilleri ve Kadmiyum Tellür güneş pilleri gibi fazlaca uygulama alanına sahip değildir ve ticari anlam kazanamamıştır. Bunun sebebi hava ile kolayca oksitleniyor olması ve güneş ışığını enerjiye dönüştürme yüzdesinin (~%11), silikon bazlı güneş pillerine kıyasla çok daha düşük olmasıdır.

3. Çözüm

Boya duyarlı güneş pillerinde yarı iletken görevi gören malzeme genellikle titanyum dioksit'dir. Titanyum Dioksit'in çok kullanılmasının ana sebepleri, bant aralığının geniş olması, titanyum dioksit malzemesinin üzerinde pek çok deneysel çalışma yapılmış olması, piyasada kolay bulunabilmesi, pahalı olmaması ve insan sağlığına herhangi bir zararı olmayan malzeme olmasıdır. Literatürde yapılan çalışmalarda TiO₂'ye metallerin ve metal oksitlerin katkılandığı ve farklı organik boyalar kullanıldığı görülmüştür. TiO₂'ye metallerin veya metal oksitlerin katkılanması fotokatalitik aktivitesinde, TiO₂'nin bant aralığında, yüzey alanında ve enerji dönüşüm verimliliğinde artış görülmüştür ve bu artışların boya duyarlı güneş pillerinin verimini arttırmaya yönelik etkisi vurgulanmıştır. Her ne kadar boya duyarlı güneş pillerini geliştirmek için bu ve bunun gibi yöntemlere başvurulsa da bu yöntemler boya duyarlı güneş pillerinden istenilen verimin elde edilmesinde ve bu pillerin ticari anlam kazanması konusunda yetersiz kalmıştır. Bu projede

çözüm olarak TiO_2 'ye farklı geçiş metallere (Fe, Ni, Co) farklı oranlarda ve farklı sıcaklıklarda katkılanması ile Boya Duyarlı Güneş Pilleri'nin gelişimine doğrudan katkı sağlamak hedeflenmiştir. Elde edilecek sonuçların Boya Duyarlı Güneş Pilleri'nin kalitesinde doğrudan rol oynayacak Titanyum Dioksit tabanlı nano malzemedeki yüksek güç dönüşüm verimliliği elde edilmesi, düşük tane boyutu sağlanarak organik boyanın fotoanot malzeme üzerinde daha fazla tutunması, geniş bant aralığı sağlanması, yüksek fotokatalitik aktivite ile hızlı fotokatalitik reaksiyon oluşması, yüksek yüzey alanı ve yüksek boya absorpsiyonu gibi özelliklerinin artırılması amaçlanmıştır.

4. Yöntem

Deneyde Kullanılacak Hammaddeler

İzopropil alkol, Sigma Aldrich, %99.9 (1 Litre)

Etil alkol, Sigma Aldrich, %99.9 (1 Litre)

Asetik asit(glacial), Sigma Aldrich, %99.9 (1 Litre)

Titanyum tetra izopropoksit, Sigma Aldrich, %97 (100 mL)

Nikel (II) Klorit Hekzahidrat, Sigma Aldrich, >%97 (100 gr)

Demir (III) Klorit Hekzahidrat, Sigma Aldrich, %97 (100 gr)

Kobalt (II) Klorit Hekzahidrat, Sigma Aldrich, %97 (100 gr)

FTO (Flor katkılı iletken cam) (en az 2 Adet en fazla 6 adet)

Proje kapsamında gerçekleştirilen literatür taramasından elde edilen bilgiler doğrultusunda TiO_2 'ye farklı metallerin katkılanması farklı yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerin başında hidrotermal yöntem ve kimyasal çöktürme yöntemi gelmektedir. Projemizde ise, ılımlı koşullarda üretim sağlanması, çok kullanışlı olması, çok yüksek saflıkta ve homojenlikte ürün elde edilebilmesi, reaksiyon sırasında moleküler boyutta kontrol imkanı sunması, mükemmel kalitede nihai ürün elde edilebilmesi ve düşük maliyetli olmasından dolayı sol-jel yöntemi kullanılacaktır.

Ni Katkılı TiO_2 Sentezi

90 mL propanol bir behere konulup ve manyetik karıştırıcıda bir süre karıştırılacaktır. Karıştırma işlemi devam ederken ayrı bir behere %10 dop işlemi için stokiyometrik olarak hesaplanan miktarda $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ sulu çözeltisi hazırlanacaktır. Elde edilen bu homojen çözelti karışımı manyetik karıştırıcı üzerindeki propanol içerisine damla damla ilave edilecektir. Daha sonra %15 titanyum tetra izopropoksit yavaş yavaş 40 dakika boyunca elde edilen bu karışıma ilave edilecektir. Elde edilecek olan jel etüvde $90^\circ C$ 'de 12 saat boyunca kurutulacak ve homojen nano parçacık boyutu için fırında $450^\circ C$ 'de 4 saat boyunca kalsine edilecektir.

Co Katkılı TiO_2 Sentezi

90 mL propanol bir behere konulacak ve manyetik karıştırıcıda karıştırılacak. Ayrı bir behere %10 dop işlemi için stokiyometrik oranda hesaplanan miktarda $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ çözeltisi hazırlanacak. Hazırlanan bu çözelti propanol içerisine 30 dakika boyunca yavaş yavaş ilave edilecektir. Bu karışıma 40 dakika boyunca %20 titanyum tetra izopropoksit

damla damla ilave edilecek. Elde edilecek son karışımın homojen olması için 2 saat daha manyetik karıştırıcıda karıştırılmaya devam edilecektir. Elde edilen ürün etüvde 80°C’de 12 saat boyunca kurutulacak ve kurutulan bu tozlar 450°C’de 4 saat boyunca kalsine edilecektir.

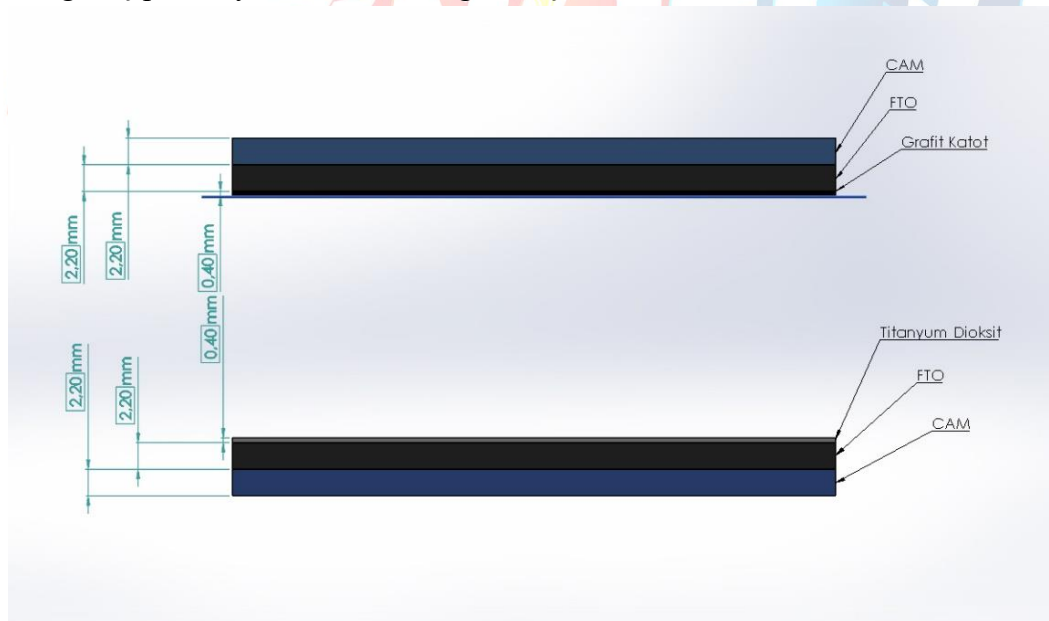
Ni Katkılı TiO₂ Sentezi

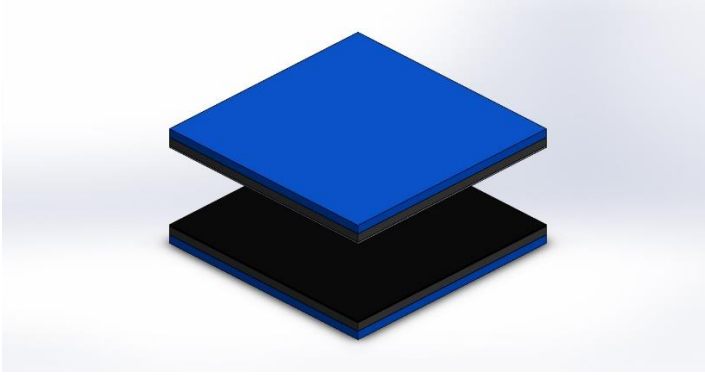
90 ml propanol bir behere konularak manyetik karıştırıcıda karıştırılacaktır. Ayrı bir behere % 10 dop işlemi için stokiyometrik oranda hesaplanan miktarda FeCl₃.6H₂O çözeltisi hazırlanacaktır. Hazırlanan bu çözelti propanol içerisine 30 dakika boyunca yavaş yavaş ilave edilecek. Bu karışıma 40 dakika boyunca %15 titanyum tetra izopropoksit damla damla ilave edilecek. Bu son karışım 5 saat daha manyetik karıştırıcıda karıştırmaya devam edilecek. Elde edilen ürün etüvde 90 °C’de 12 saat boyunca kurutulacaktır. Kurutulan bu tozlar homojen ve nanoparçacık boyutu için 450 °C’de 4 saat boyunca kalsine edilecektir.

Analiz Yöntemleri ve Karakterizasyon

Projenin son aşamasını oluşturan bu aşamada elde edilen tozların karakterizasyon teknikleriyle yapılarının aydınlatılması amaçlanmakta ve projenin ana konusu olan fotokatalitik aktivitelerin hesaplanarak projenin sonlanması hedeflenmektedir. Üretilen tozların SEM/EDS, XRD, DLS, FT-IR, UV-Vis analiz yöntemleriyle karakterize edilmesi ve fotokatalitik aktivitelerin hesaplanması karakterizasyon cihazları ile yapılacaktır. Elde edilen ürünlere yapılacak analizler sonucunda, ürünlerin fotokatalitik değerin hesaplanmasının yanı sıra tane boyutu, enerji dönüşüm verimliliği ve metilen mavisi ışık altında degregasyon miktarının hesaplanması imkanı da bulunacaktır.

Tasarlanan güneş pilinin yan ve izometrik görünüşü





5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Anorganik malzemeler kullanılarak meydana getirilen güneş pillerinin kullanma alanlarının az olması, ekonomik olarak uygun olmaması ve az bulunması gibi olumsuz etmenler neticesinde bilim dünyası güneş pili üretiminde farklı malzeme kullanımlarına sürüklenmiştir. 1991 yılında M.Gratzel tarafından tanıtılan boya duyarlı güneş pili (BDGP), daha yüksek verimlilik / maliyet oranı nedeniyle silikon bazlı güneş pilleri için alternatif bir teknolojidir ve gelecekte ticari fotovoltaiik teknoloji portföyü olarak kullanımı için önemli bir potansiyel göstermektedir. Her ne kadar yüksek çalışma sıcaklıklarından bazen olumsuz durumlarla karşılaşsa da aynı zamanda silikon bazlı olan geleneksel güneş pilleri ile karşılaştırıldığında ışığın insidansı ve yoğunluğundan bağımsızdır. BDGP çalışmalarında şimdiye kadar %12 dönüşüm verimliliği elde edilmiştir. Bu projenin yenilikçi yönü ise organik malzemeler kullanılarak enerji üreten ve yapay fotosentez olarak adlandırılan Boya Duyarlı Güneş Pillerinin yüksek verim isteyen uygulamalara cevap vererek kullanım alanlarını arttırmaya yönelik adımlar atmak, çevre dostu, zararsız, ucuz, güvenilir bir enerjinin daha verimli ve daha çok kullanılmasına katkıda bulunmak, ülkemizin temiz ve yenilenebilir enerji ihtiyacına destek vererek milli teknoloji hamlesi adı altında dışa bağımlılıktan kurtulmaya yönelik çalışmalarda rol oynamak ve enerji sektöründe yapılan çalışmalara katkıda bulunmaktır.

6. Uygulanabilirlik

Proje fikrimizin hayata geçirilmesi uygun laboratuvar koşullarında sağlanacaktır ve üretim süreci için üniversitemizin laboratuvarları kullanılacaktır. Titanyum Dioksit Tabanlı Nano malzememizin üretimi, danışman hocamızın kontrolünde gerçekleştirilecek olup üniversitemizin laboratuvarında hali hazırda bulunan cihazlar yardımı ile yapılacaktır. Cihazların yetersizliği durumunda ve karakterizasyon işlemleri için maddi imkan sağlandığı takdirde diğer üniversitelerden ve ticari kuruluşlardan yardım alınabilecektir.

Piyasada hali hazırda tiracı olarak varlığını sürdüren ve boya duyarlı güneş pilleri için gözde bir ürün olan P25 (%95 Anataz, %5 rutil ve ~21 nm partikül boyutu) %95 anataz fazıyla ve çok küçük tanecik boyutuyla oldukça ucuz ve güvenilir bir fotoanot üründür. Üreteceğimiz ürünün, fotokatalitik standartlarda üretilen P25 ile maliyet açısından kıyaslanabilir olması ve performans açısından üstün olması beklenmektedir. Dolayısıyla doğru üretim yöntemi, doğru katkı değerleri ve doğru proses teknikleri ile üretilecek olan optimum tane boyutunda ve maksimum fotokatalitik performans göstermesi beklenen katkılı TiO₂ nano malzemesinin ticari bir potansiyele sahip olması beklenmektedir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Şu ana kadar yapılan boya duyarlı güneş pilleri çalışmalarında elde edilen verim ince film güneş pillerine göre biraz daha düşük olsa da teorik olarak hesaplanan maliyet/performans oranını fosil yakıtlardan enerji eldesiyle yarışacak seviyede olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla üretilecek olan malzemenin en büyük avantajı düşük maliyetidir.

Proje için düşünülen tahmini maliyet ~4000 TL'dir. Belirlenen fiyata Karakterizasyon masrafları dahildir.

Yürütülecek proje kapsamında aşağıda verilecek fiyatlar ürünlerin temsili fiyatlarıdır. Proje için uygun olarak belirlenen miktarlarda satın alımlar yapılacaktır.

MALZEMELER/HAMMADDELER	YAKLAŞIK TUTAR
İzopropil Alkol	70 TL/Litre
Etil Alkol	110 TL/Litre
Asetik Asit	100 TL/Litre
Titanyum Tetra İzopropoksit	350 TL/100 mL.
Nikel (II) Klorit Hekzahidrat	200 TL/100 gr.
Demir (III) Klorit Hekzahidrat	380 TL/100 gr.
Kobalt (II) Klorit Hekzahidrat	600 TL/100 gr.
FTO (Flor Katkılı İletken Cam)	300 TL/Adet
TOPLAM	2110 TL

Yapılması planlanan iş	Kullanılacak malzemeler ve cihazlar	Zaman aralığı
Literatür taraması, bulguların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması, yöntem ve tekniklerin belirlenmesi	■	10.02.2020—10.04.2020
Proje ön değerlendirme raporunun yazılması	■	15.03.2020—23.03.2020
Saf malzeme/hammadde alımları yapılması	■	01.06.2020—01.07.2020
Sentezlenecek/üretilecek tozların stokiometrik olarak solüsyonlarının hazırlanması	Manyetik karıştırıcı, beher, hassas terazi, kimyasal hammaddeler, çözücüler	07.07.2020—20.07.2020
Ön denemeler sonucu istenilen parametrelere göre optimum	Kimyasal hammadde, fırın, etüv, tane boyutu ölçüm cihazı,	21.07.2020—15.08.2020

toz boyutlarında Fe Ni ve Co katkılı TiO ₂ tozlarının ayrı ayrı üretilmesi	alkoller, beher, manyetik karıştırıcı, saf su	
Üretilen tozların karakterizasyonu ve verimlilik hesaplarının yapılması	Katot malzeme, FTO, organik boya, karakterizasyon cihazları (XRD, SEM, UV-VİS, DLS, EDS)	20.08.2020—01.09.2020

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Güneş pilleri günümüzde bahçe sokak gibi alanların aydınlatılma sistemleri, trafik lambaları, sıcak su üretimi ve benzer ısıtma sistemleri, ev fabrika okul iş yerleri gibi alanlardaki elektrik ihtiyacının karşılanması, cep telefonu laptop gibi şarj ihtiyacı duyan araçların şarj edilmesi, billboard reklam panolarındaki aydınlatmalarda ve günümüzde gelişimde olan güneş enerjisi ile çalışan araçlar gibi birçok kullanım alanları vardır. Proje sonucunda elde edilebilir daha verimli bir boya duyarlı güneş pili bunun gibi birçok kullanım alanlarına güvenilir bir şekilde sunulabilir bir potansiyel sağlamaktadır. Proje ürününün verim bakımından diğer güneş pilleriyle yarışabilir seviyede olması mümkün kılınabilirse maliyet avantajını da göz önünde bulundurduğumuzda fonksiyonel kullanım alanlarında ciddi bir artış sağlanabilir.

9. Riskler

YAPILACAK İŞ	BELİRLENEN RİSK	B PLANI
Saf malzeme/Kimyasal/Hammadde alımları yapılması ve araştırılması	Firmalardan gelen teklifler doğrultusunda bütçe belirlendiği için risk beklenmemektedir.	Yüksek fiyat artışına karşı farklı firmalardan alternatif hammaddeler temin edilebilecektir.
Sentezlenecek/üretilecek tozların stokiometrik olarak solüsyonlarının hazırlanması ve nano boyut için ön denemelerin yapılması	Üretilecek tozların nano boyutta ulaşmaması durumu beklenmemekle birlikte tozların nano boyuta ulaşmaması söz konusu olabilmektedir.	Sentezlenecek tozlar için sol-jel tekniği kullanılacaktır. Bu teknikle ilgili sorun olması durumunda kimyasal çöktürme yöntemi kullanılabilir.
Ön denemeler sonucu istenilen parametrelere göre optimum toz boyutlarında Co, Fe ve Ni katkı TiO ₂ tozlarının ayrı ayrı üretilmesi	Ön denemeler yapılacağı için herhangi bir risk bulunmamaktadır. Yine de istenilen boyutuna ulaşmama riski taşımaktadır.	Nano boyuta inmediği durumda laboratuvarında bulunan değirmenlerden de faydalanarak tozların nano boyuta indirilmesi sağlanacaktır.
Üretilen tozların SEM/EDS, XRD, DLS, FT-IR, UV-Vis analiz yöntemleriyle karakterize edilmesi ve son olarak fotokatalitik aktivitelerinin incelenmesi yapıp proje tamamlanması	Projede yer alan karakterizasyon teknikleri için analiz cihazları birçok üniversitede bulunduğu için risk beklenmemektedir. Ancak üniversitelerin olası yoğunluğundan kaynaklanan süre uzatımı risk oluşturabilmektedir.	Farklı üniversitelerde bulunan karakterizasyon cihazları için hizmet alımı yapılabilecektir.

10. Proje Ekibi

Proje Lideri: Fatih ARAR

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Bölümü ve Sınıfı	Çalışma Alanları
Fatih Arar	Proje Yönetimi	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi	Metalürji ve Malzeme Mühendisliği 4. Sınıf	Enerji Malzemeleri
Onur Pelin Başaran	Kalite Kontrol	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi	Metalürji ve Malzeme Mühendisliği 4. Sınıf	Güneş Pilleri
Lütfi Kılıç	Satın Alma ve Tedarik	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi	Metalürji ve Malzeme Mühendisliği 4. Sınıf	Organik Güneş Pilleri
Aytuğ Taşkıran	Karakterizasyon	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi	Metalürji ve Malzeme Mühendisliği 4. Sınıf	İnce Film Kaplamalar, Nano Kaplamalar
Mehmet Can Aktaş	Üretim Sorumlusu	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi	Metalürji ve Malzeme Mühendisliği 4. Sınıf	Seramik Malzemeler

11. Kaynaklar

1. Chang, H., LO, Y.J. (2010). Pomegranate leaves and mulberry fruit as natural sensitizers for dye-sensitized solar cells. *Solar Energy*, 84, 1833-1837.
2. Chaoyan, L., Yang, X., Chen, R., Pan, J., Tian, H., Zhu, H., Wang, X., Hagfeldt A. Sun, L. (2007). Anthraquinone dyes as photosensitizers for dye sensitized solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91, 1863-1871.
3. Dana Dvoranová, Vlasta Brezová, Milan Mazúr, Mounir A. Malati.: Investigations of Meta-Doped Titanium Dioxide Photocatalysis. Article in *Applied Catalysis B Environmental* 37(2):91-105 · April 2002.
4. Ebru Devrim ŞAM*, Mustafa ÜRGEN, Fatma Z. TEPEHAN. “TiO₂ fotokatalistleri” Cilt:6, Sayı:5-6, 81-92 2007.
5. Erdi Akman, Seçkin Akın, Gamze Karanfil, Savaş Sönmezoğlu. (2013) “Organik Güneş Pilleri”, *Trakya Univ J Sci*, 14(1): 1-30, 2013, ISSN 2147–0308.
6. Grätzel, M. (2003) a Dye-Sensitized Solar Cells, *Journal of Photo Chemistry and Photobiology C: Photo Chemistry Reviews* (4), 145–153
7. Grätzel, M. (2009). Recent Advances in Sensitized Mesoscopic Solar Cells, *Accounts of Chemical Research*, Vol.42, No.11, (November 2009), pp. 1788-1798, ISSN 0001-4842
8. Karakitsou, K.E. ve Verykios, X.E., (1993). Effects of Altrivalent Cation Doping of TiO₂ on Its Performance as a Photocatalyst for Water Cleavage, *Journal of Physical Chemistry*, 97, 6, 1184-1189.
9. Fatma Aydın Unal, Semih Ok, Murat Unal, Sebahat Topal, Kemal Cellat, Fatih Şen (2020), “Synthesis, characterization, and application of transition metals (Ni, Zr, and Fe) doped TiO₂ photoelectrodes for dye-sensitized solar cells”, *Journal of Molecular Liquids*, Volume 299, 1 February 2020, 112177