

***Araştırma Makalesi / Research Article***

# **FİLTASYON MATERYALLERİNİN İLETKENLİK ÖZELLİĞİNİN PLAZMA YÜZEY MODİFİKASYONU İLE GELİŞTİRİLMESİ OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Osman Engin KEÇECİ**

BWF Endüstri Filtreleri ve Teknik Keçe Ltd. Şti, Torbalı-İZMİR

**Bengi KUTLU**

**Sevil YEŞİLPINAR\***

Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Buca-İZMİR

*Gönderilme Tarihi / Received: 04.07.2011*

*Kabul Tarihi / Accepted: 16.09.2011*

## **ÖZET**

Günümüzde birçok endüstri baca gazlarının çok miktarda parçacık içermesi problemi ile karşı karşıyadır. Endüstriler emisyon oranlarını azaltmak için filtrasyon sistemleri de denilen parçacık kontrol cihazları kullanmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan filtrasyon materyali toz toplama işlemini yerine getirirken, ortam koşulları nedeniyle üzerinde statik elektrik yükü oluşturmaktadır. Eğer bu statik elektrik sistemden uzaklaştırılmazsa sistemin tamamen yanması veya patlamalar gibi çeşitli tehlikelere sebep olmaktadır. Bu çalışmada poliesterden üretilmiş iğneli keçe filtre materyallerinin statik elektriklenmesini azaltmak için plazma teknolojisinin kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla poliester iğneli keçelere RF plazma tekniği ile farklı güç seviyeleri ve sürelerde, farklı gaz ve monomerler uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** filtrasyon, plazma, antistatik, nonwoven, poliester

## **INVESTIGATING THE POSSIBILITIES OF IMPROVING THE CONDUCTIVITY CHARACTERISTIC OF FILTER MEDIA BY PLASMA SURFACE MODIFICATION**

### **ABSTRACT**

Nowadays, many industries face the problem that their exhaust gas contains too many particles. In order to reduce their emission rates, they use particulate control devices, which are also called as filtration systems. During the filtration process, static electricity accumulates on the filtration materials of these systems. If this static electricity can not be removed from the systems, it will cause problems like explosion or burning of the complete systems. In this study, the application possibilities of plasma technology to decrease the static electricity problem of the filtration materials manufactured from needle punched polyester nonwovens were investigated. With this aim, RF plasma treatments of different monomers and gases were applied to needle punched polyester nonwovens at different power levels for different durations.

**Keywords:** filtration, plazma, anti-static, nonwoven, polyester

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: [sevil.yesilpinar@deu.edu.tr](mailto:sevil.yesilpinar@deu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından "İnsan, bitki, hayvan veya madde üzerine zarar verebilen veya rahat yaşam şeklini (konfor) ve maddeyi aşırı şekilde etkileyen kum, toz, uçucu kül, kurum, is, duman, buğu, tütsü, sis, pus, buhar, gaz veya koku gibi bileşenlerin miktar, karakteristik ve süre olarak çevre atmosferindeki varlığıdır." şeklinde tanımlanan hava kirliliği yanardağdan sızan gazlar gibi doğal kaynaklı olabildiği gibi insan kaynaklı da olabilmektedir. İnsan kaynaklı olanlar endüstriyel işlemler sonucunda ortaya çıkan toz, duman, metal buharı, buğu, buhar ve gazlardır. Kirli havanın insanlarda solunum yolu hastalıklarının artmasına sebep olduğu bilinmektedir. Ayrıca kükürt dioksit ve ozon bitkiler için zararlı olup; özellikle ozon, ürün kayıplarına sebep olmakta ve ormanlara zarar vermektedir [1]. SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PM10 düzeyleri ile astım, KOAH (kronik obstrüktif akciğer hastalığı), kardiyovasküler hastalıklar, ölüm oranları arasında ilişki olduğu gösterilmiştir [2-5]. Günlük ihtiyaçlarımızın karşılanması, ekonominin kalkınması, iş sahalarının açılarak işsizliğin önlenmesi için fabrikaların çalışması ve üretimlerini yapması gereklidir. Ancak kalkınmayı sürdürürken çevresel problemler de göz ardı edilmemelidir. Sanayi tesislerinin hava kirliliğini önlemek için bazı tedbirler alınması gereklidir. Bu tedbirler arasında mutlaka filtre sistemleri kurmaları ve bunları çalışır vaziyette bulundurmaları sayılabilir.

Filtre materyalleri arasında tekstilden yapılmış filtreler de bulunmaktadır. Bu filtrelerden sentetik liflerden üretilmiş olanlarında özellikle kullanım yerine bağlı olarak statik elektriklenme olabilmekte ve bunun tehlikeli bir şekilde boşalması sorunları yaşanabilmektedir. Bu risk en belirgin olarak, baca gazından toz toplamada kullanılan kumaş torba filtrelerin uygulamalarında görülmektedir. Suyun ve sıvı çözeltilerin yüksek elektriksel iletkenliği nedeniyle bu risk sıvı filtrasyonunda yaygın değildir [6]. Bu nedenle, elektrik iletkenliğe sahip anti-statik kumaşlar toz filtrelerindeki statik yüklenmeyi kontrol etmede kullanılmaktadır. Bu anti-statik kumaşların bazılarında kumaş yapısının içinde metal lifler bulunurken, diğerlerinde kumaş yapısının üzerinde iletken bir kaplama bulunmaktadır [6]. Ancak tekstil yapısına eklenebilecek özellikte (esneklik, incelik vb.) metal lifler oldukça pahalıdır ve bu nedenle maliyeti yüksek olmaktadır. İletken metal ya da polimer kaplamalar ise elektrokimyasal, kimyasal ve oksidatif polimerizasyon ya da mıknaatısal saçtırma gibi yöntemlerle elde edilebilmektedir [7-9]. Elektrokimyasal yöntemle yapılan kaplamalar hem çok hassas akım kontrolü gerektirmekte hem de kırılabilir olmaktadır. Kimyasal polimerizasyonda ise çözünmeyen tozlar üretilmekte ve bunların film haline getirilmesi sorun yaratmaktadır. Ayrıca tüm yöntemlerde kaplamalar sonucunda renklenme/renk değişimi

olmaktadır. Plazma polimerizasyonu çok ince polimer filmleri uniform kalınlıkta üretmek için çok uygun bir yöntemdir. Dolayısıyla renksiz polimer filmlerin bu yöntemle üretilmesi mümkündür [10, 11].

Plazma, maddenin dördüncü hali olarak tanımlanmaktadır. Plazma, pozitif yüklü iyonlar, negatif yüklü elektronlar ve nötral parçacıkların bir karışımıdır [12-15]. Alternatif modifikasyon yöntemleri arasında sayılabilecek plazma yüzeyle modifikasyon teknikleri, su ve kimyasal kullanımı gerektirmediğinden ekolojik ve ekonomik proseslerdir ve 1960'lı yıllardan beri materyal bilimlerinde kullanılmaktadır. [15-19]. Tekstilde, haşıl sökme, boya alımını artırma, keçeleşmezlik, ıslanabilirlik gibi özellikler için alternatif bir yöntemdir [19-28].

Literatürde tekstillerin elektriksel özelliklerini değiştirmek için plazma ile yapılan çalışmaların genellikle hidrofilyk monomerlerle yüzeyi modifiye ederek yüzey direncinin düşürülmesi ya da iletkenlik verici kimyasal işlem öncesi yüzey hazırlama amacıyla kullanıldığı görülmektedir [24, 27]. Bhat ve Benjamin, RF plazma cihazı ile farklı güç seviyeleri ve sürelerde hava plazması işlemine ve ayrıca plazma ile kombine akrilik polimerleri aşılmasına tabi tutulmuş pamuk ve poliester kumaşların, nem içerikleri ve yüzey dirençlerindeki değişimleri incelemişlerdir. Plazma işlemi görmüş pamuklu kumaşlarda yüzey direnci, işlem süreleri artarken azaldığı halde güç artarken artmıştır. Araştırılan tüm nem değerlerinde yüzey direnci, işlem görmemiş kumaştan düşük çıkmıştır. Poliester için ise plazma gücü veya işlem süresi arttırıldığında yüzey direnci düşmekte ve nem içeriği artmaktadır. Poliakrilamid ile aşılamanın pamuğun yüzey direncini belirgin bir şekilde düşürdüğü, polialkilonitril ile aşılamanın ise artırdığını bulmuşlardır. Plazma ile kombine edilmiş aşılama sonrası, poliesterin kumaşın yüzey direnci düşmektedir [24]. Oh, Kim ve Kim, naylon 6 kumaşlarında yapışmayı ve polimerizasyon oranını geliştirmek için düşük basınçta oksijen, amonyum ve argon plazmaları uygulamışlardır. Daha sonra bu kumaşları, anilinin amonyum peroksidi-sülfat ve HCl içeren çözeltilisiyle emdirmişlerdir. Oksijen plazması ile işleme sokulan kumaşlar en yüksek iletkenliği göstermiş, tekrarlanan yıkamalar ve aşındırma döngülerinden sonra bile oksijen plazma işlemine tabi tutulmuş kumaşların iletkenliği, plazma ön işlemi görmemiş kumaşlara göre daha fazla olmuştur [26]. Liu ve ark., düşük basınçlı azot plazması ile akrilik liflerinin morfolojisini ve yapısını değiştirmiş ve artan işlem süresi ile genel yüzey düzensüzlüğünün arttığını gözlemlemişlerdir. XPS analizleri sonucunda yüzeyde hidrofilyk grupların oluştuğunu görmüşlerdir. Bu da yüzey morfolojisindeki değişim ve yüzeyde polar grupların oluşmasına bağlı olarak antistatik özellikte büyük bir artışa neden olmuştur [27]. Polikonjuge polimerlerin (pirol, tiofen ve türevleri gibi) plazma polimerizasyonu yöntemi ile eldesi ise 1980'li

yıllardan beri uygulanan ve son yıllarda hız kazanmış bir yöntemdir. Bunun nedenleri arasında, yüzeyi düz olmasa da materyaller üzerinde uniform kalınlıkta filmler elde edilebilmesi, çözügen kullanılmaması ve sonra-dan oksidant ve katalizörlerin uzaklaştırılması işlemlerini gerektirmemesi sayılabilmektedir [10]. Doğrudan plazma polimerizasyonu ile iletkenlik kazandırma çalışmalarında ise yüzey olarak polimer filmlerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. [11, 29-31]. Hosono ve ark., 2003 yılında yaptıkları bir çalışmada, plazma polimerizasyonu ile üretilen polipirol filmlere sonradan 4-etilbensülfonik (EBSA) asit doplaması ve ardından ısı işlem yapmışlardır. Sonuçta EBSA doplamasının plazma polimerizasyonu ile üretilmiş polipirol filmlerin iletkenliğini artırdığını bulmuşlardır [11]. Morales ve ark. RF plazma polimerizasyonu 18W güç kullanarak iyot doplanmış polianilin ve polipirol filmler elde etmişler ve sıcaklıkla (295-425K) nem oranının (%25-92) plazma polimerlerinin iletkenliklerine etkisini incelemişlerdir. Isıtma adımları süresince polipirol/iyot polimerinin iletkenliğinin nem oranındaki değişimlere çok bağımlı görülmüştür. Bu da bu tür polimerlerin nem sensörlerinde kullanılmak için çok uygun olduklarının göstergesidir. Ayrıca ısıtma-soğutma döngüleri, polianilin/iyot polimerinin yapısında modifikasyonlara neden olurken, polipirol/iyon hemen hemen hiç değişmeden kalmıştır [32]. Basarir ve ark., SO<sub>2</sub> doplanmış asetilen plazma polimerizasyonunun (10-40W, 0-10min, 50-200mTorr) iletkenlik özelliklerini asetilen oranını değiştirerek incelemişlerdir [33]. Araştırma grubumuz tarafından daha önce yüzey olarak çeşitli tekstil materyalleri kullanılmış ve üzerine anilin, pirol gibi monomerlerle plazma polimerizasyonu uygulamaları yapılmıştır [34-36]. Plazma polimerizasyonu ile elektriksel iletkenlik kazandırılması için polipropilen dokusuz yüzey kumaş, polipropilen lif ve pamuklu dokuma kumaş ile çalışılmıştır. Polipropilen kumaş ile yapılan çalışmalarda 10<sup>14</sup>Ω /sq yüzey direnci düzeyinden 10<sup>13</sup>Ω/sq düzeyine düşüş elde edilmiştir. Bu kadar yüksek direnç değerlerinin kumaş yüzeyinin pürüzlüğünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Pamuklu kumaşa plazma işleminden sonra yüzey direncinde artışlar gözlemlenmiştir. Bunun nedeni yapıdaki nemin plazma vakumu sırasında uzaklaşmış olması olasılığı olarak yorumlanmıştır. Polipropilen lifler üzerine yapılan çalışmada, pirol/iyot, n-vinilidenpirolidon/iyot ve piridin/iyot plazmaları ile modifikasyon yapılmıştır. pirol/iyot plazması polimerizasyonu sonucunda 9,2 x 10<sup>11</sup>Ω/sq değerindeki yüzey direnci 5,8 x 10<sup>9</sup>Ω/sq değerine kadar düşmüştür. Diğer plazmalar için ise 10<sup>11</sup>Ω /sq yüzey direnci düzeyinden 10<sup>10</sup>Ω/sq düzeyine düşüş elde edilmiştir [34-36].

Bu çalışmada statik elektriklenme özelliklerinin değiştirilmesi amacıyla plazma teknolojisinin kullanım olanakları araştırılmıştır. İletkenlik kazandırma işlemlerinde, HCl,

iyot vb. ile doplanmış iletken polimerlerin, doplanmamış polimerlere göre daha iyi sonuçlar verdiği bilindiğinden plazma polimerizasyonu için *in situ* doplama uygulanmıştır [37]. Bunun için baratron sistemli RF plazma sisteminde ilk üretilen yüksek iletkenliğe sahip organik polimer olan poliasetilenin eldesi için asetilen gazı ve iyi iletkenlik özelliği gösteren ve çevresel stabilitesi yüksek olan polipirolün eldesi için pirol monomeri ile çalışılmış, iyotla ve sülfür içeren bir bileşikle plazma polimerizasyonu sırasında eş zamanlı olarak doplanmıştır. Farklı plazma güçleri (2-30W), işlem süreleri (1-20dk), plazma odası sıcaklıkları (25 °C ve 65°C) ve çoklu plazma işlemleri değişken olarak uygulanmıştır [37].

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada metrekaare ağırlığı 400 g/m<sup>2</sup> olan, 1,4 mm kalınlığında, bir yüzeyi kalandır işlemine tabi tutulmuş, % 100 poliester, iç dokulu iğneli keçe (needlona PE/PE 404 Glaze, BWF Envirotec) kullanılmıştır. Materyale kalandır işlemi, filtrasyon sırasında oluşan toz katmanının kolay deşarjını sağlaması nedeniyle uygulanmıştır. Bu keçe örneğine ilişkin bazı özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan keçe örneğinin bazı özellikleri

<b>Hammadde</b>	% 100 Poliester
<b>Metrekare ağırlığı</b>	400 g/m <sup>2</sup> (ISO 9073-1)
<b>Kalınlık</b>	1,4 mm
<b>Yoğunluk</b>	0,29 g/cm <sup>3</sup>
<b>Hava geçirgenliği</b>	417 mm/s (200 Pa) (EN ISO 9237)
<b>Gözenek hacmi</b>	% 79
<b>Kopma mukavemeti</b>	150 – 170 daN (ISO 9073– 3)
<b>Kopma uzaması</b>	% 20 – 21 (ISO 9073– 3)
<b>Isı dayanımı</b>	150 °C
<b>Maksimum boyutsal değişim</b>	% 1 (150 °C)
<b>Uygulanan bitim işlemi</b>	Fiksaj (hız: 30m/dk, yaklaşık30s bekleme zamanı, fiksaj sıcaklığı: 185°C) Kalandırlama(hız: 26m/dk, gaz basıncı: 19mbar)

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1 Plazma İşlemi

Keçe örnekleri 10 x 10 cm<sup>2</sup> boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan keçe örneklerinin rijit bir yapıya sahip olmaları nedeniyle örnekler çerçeveye tutturulmadan her iki yüzeyi de plazmaya maruz kalmıştır. Poliester keçe örneklerinin plazma ile yüzey modifikasyonu için pirol, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, iyot ve Na<sub>2</sub>S kullanılmıştır. Plazma polimerizasyon işlemi PICO RF (Radyo frekansı-13,56MHz) Baratron sistemli plazma polimerizasyon cihazında (Diener electronic GmbH + Co. KG, Almanya) gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Başlangıç basıncı 0,06 milibardır. Plazma odacığındaki 10 dakika süre ile işlemde kullanılacak monomerler/gazlar akış oranları 1-5 sccm olacak şekilde geçirilmiş ardından plazma işlemi uygulanmıştır. İşlem süresi sonunda serbest radikallerin söndürül-



meleri için 10 dakika süre ile argon gazı geçirilmiştir. Poliester iğneli keçe örnekleri farklı plazma güçleri (2-30 W) ve plazma işlem süreleri (1-20 dakika), akış oranları ve plazma odası sıcaklıklarında, farklı tekrar sayılarında modifiye edilmişlerdir.



Şekil 1. Baratron Sistemli PICO RF plazma Cihazı

### 2.2.2 Elektriksel Yüzeyle Direncinin Ölçülmesi

Plazma işlemlerinin poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzeyle direnci üzerindeki etkisini anlamak için plazma işleme tabi tutulan örneklerin yüzeyle direnci, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Fizik Bölümünde ölçülmüştür. Yüzeyle direnç ölçümlerinde Keithley 6517 elektrometre kullanılmıştır. İşlem görmüş keçe örnekleri iletken bir yüzeyle üzerine koyulup üzerlerine 400V gerilim uygulanmış ve iletken bir prob örneğe değiştirilerek üzerlerinden geçen akımdan dirençleri bulunmuştur. Bu işlemler sırasında herhangi bir yük veya elektro manyetik alanın ölçümleri etkilememesi için içi topraklanan Faraday ice pail kullanılmaktadır. Tüm ölçümler oda sıcaklığında (22 °C) yapılmıştır. Ölçümler ASTM D - 257 / 99 standardına göre yapılmıştır.

### 2.2.3 Beyazlık Derecesi Ölçümleri

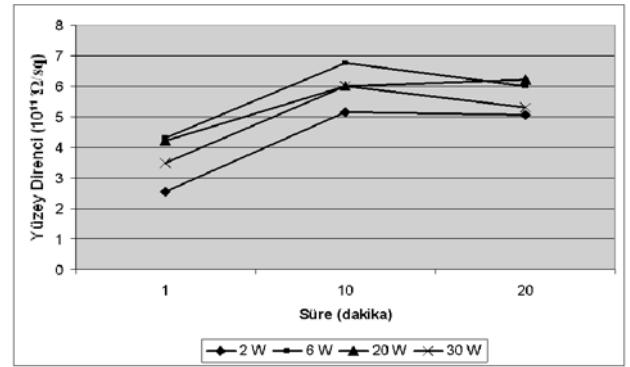
Plazma işleminin materyallerin rengine yaptığı etkinin değerlendirilmesi için poliester keçe filtrasyon materyallerinin beyazlık dereceleri (*Stensby*) ölçülmüştür. Ölçümler Minolta 3600d model spektrofotometrede D65 ışık kaynağı altında ve 10° bakış açısı koşullarında gerçekleştirilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Poliester filtre kumaşları, farklı monomerler/gazlarla, farklı güç seviyelerinde, farklı sürelerde, farklı akış oranları ve çoklu plazma işlemlerine tabi tutulmuştur. Bu işlemlerin poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzeyle direncine etkisi incelenmiştir. Plazma işleme tabi tutulmuş poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzeyle direnç sonuçları işlem görmemiş poliester filtre kumaşı ile karşılaştırılmıştır.

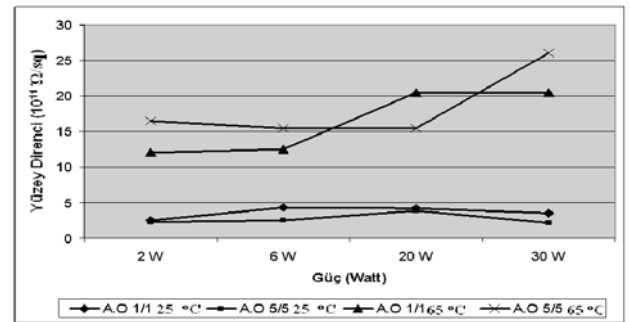
### 3.1 Pirol/İyot Plazmasının Elektriksel Yüzeyle Direncine Etkisi

İlk olarak farklı güç ve işlem sürelerinde pirol/iyot plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşın elektriksel yüzeyle dirençleri incelenmiştir. Şekilde görüldüğü gibi her güç seviyesinde en iyi sonuçlar 1 dakikalık en kısa işlem süresine sahip plazma işlemi sonucunda elde edilmiştir. Bunun nedeninin, uzun süreli işlem sonunda plazma polimerizasyonu ile oluşan konjuge yapının ve kumaşın yüzeyleindeki grupların zarar görüp bozulmuş olması olarak düşünülmektedir.



Şekil 2. Pirol/iyot plazma işleminde, işlem süresi ve plazma gücünün elektriksel yüzeyle direncine etkisi.

Çalışmada ayrıca farklı akış oranları, güç seviyeleri ve sıcaklıktaki pirol/iyot plazmasının poliester filtre kumaşlarının elektriksel iletkenlikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bir önceki çalışmamızda elde edilen veriler ışığında en iyi sonuçların tüm güç seviyelerinde bir dakikalık işlem süresi sonunda elde edilmesi nedeniyle bu çalışmada işlem süresi bir dakika olarak sabitlenmiştir. Şekil 3'te farklı güç, sıcaklık ve akış oranlarında plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşın elektriksel yüzeyle dirençleri verilmiştir.



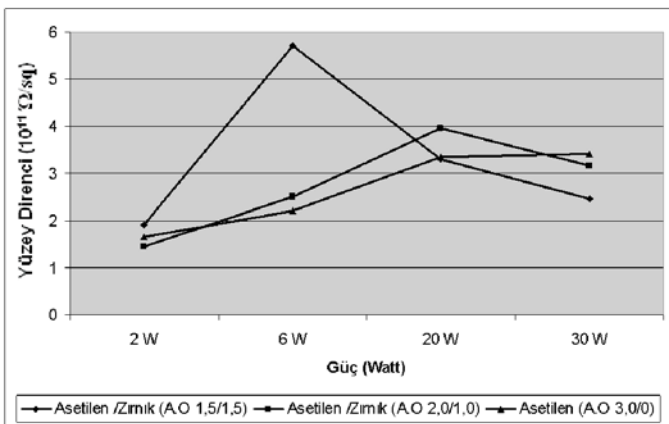
Şekil 3. Farklı sıcaklık ve akış oran seviyelerinde yüzeyle direncinin uygulanan plazma gücüne göre değişimi

Şekilde görüldüğü gibi plazma odacığının sıcaklığının 65°C'ye çıkarılması sonucu örneklerin yüzeyle dirençlerinde belirgin bir yükselme görülmüştür. Her güç seviyesinde en iyi sonuçlar 25 °C'lik plazma odası sıcaklığında yapılan plazma işlemi sonucu elde edilmiştir. Düşük sıcaklıkta

pirol ve iyotun her birinin akış oranları 5 sccm'ye ayarlandığında elde edilen sonuçların, 1 sccm ile elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen en iyi iki sonuç; her bir plazma materyalinin akış oranı 5 sccm olacak şekilde 30 W'lık güçte elde edilen  $2,15 \times 10^{11} \Omega/\text{sq}$ 'lik ve yine akış oranı 5 sccm olacak şekilde 2 W'lık güçte elde edilen  $2,3 \times 10^{11} \Omega/\text{sq}$ 'lik yüzey direnç değerleridir. Bununla birlikte, elde edilen tüm bu sonuçlardaki yüzey direnç değerleri, işlem görmemiş poliester filtre kumaşına ait  $7,7 \times 10^{10} (\Omega/\text{sq})$ 'lık yüzey direnç değerinden ve 20 dakika süreyle sadece vakum işlemine tabi tutulmuş poliester filtre kumaşına ait  $4,1 \times 10^{10} (\Omega/\text{sq})$ 'lık yüzey direnç değerinden yüksektir. Plazma ortamı çok aktif parçacıkların çok hareketli olduğu ve materyal üzerinde eş zamanlı değişik etkileri (polimerleşme, aşındırma, fonksiyonel grupların oluşturulması) olan bir ortamdır. Yani plazma polimerizasyonu işlemi de yapılırsa yüzey aşınması da eş zamanlı olmaktadır [14, 15]. Bunun sonucu olarak yüzey pürüzlülüğü artmaktadır [14, 15, 22]. Yüzey pürüzlülüğü arttıkça yüzey direncinin arttığı [38] göz önüne alındığında, poliester keçe materyallerinin yüzey direncinin plazma işlemlerinden sonra artmasının nedeninin yüzey pürüzlülüğündeki artış olduğu düşünülmektedir.

### 3.3 $C_2H_2$ ve $C_2H_2/Na_2S$ Plazmalarının Elektriksel Yüzey Direncine Etkisi

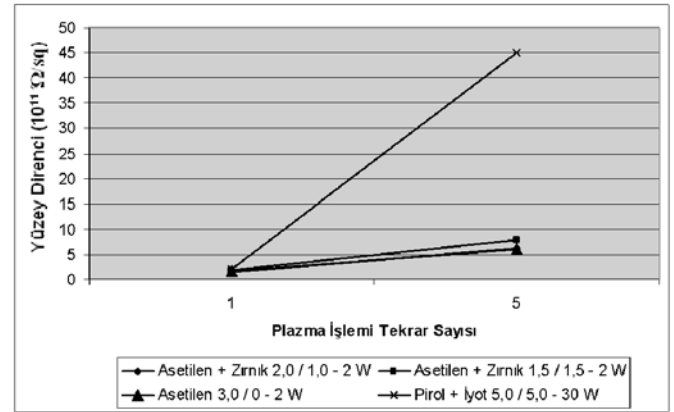
Çalışmanın bu bölümünde  $C_2H_2$  ve  $C_2H_2/Na_2S$  plazmaları ve 1 dakikalık işlem süresi ile çalışılmıştır. Plazma odasının ısıtılmasının yüzey direncini olumsuz etkilediği belirlendiğinden bu çalışmada plazma odacığı ısıtılmadan çalışılmıştır. Şekil 4'te farklı güç seviyeleri, akış oranları ve plazma gaz ve monomerleri ile plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşın elektriksel yüzey dirençleri verilmiştir. Buradan görülebileceği gibi tüm işlem koşulları için en iyi sonuçlar tüm önceki test sonuçlarında da olduğu gibi 2 W'lık en düşük güç seviyesinde elde edilmiştir. Asetilen plazma işleminde uygulanan güç arttıkça yüzey direnç değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Asetilen +  $Na_2S$  (zırnık) plazmasında düşük güçlerde (2 - 6 W) asetilenin akış oranı arttıkça, yüksek güçlerde (20 - 30 W) ise  $Na_2S$  akış oranı arttıkça yüzey direnç değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Farklı plazma gaz ve monomerleri ile ve farklı akış oranlarında yüzey direncinin uygulanan plazma gücüne göre değişimi

### 3.4 Tekrarlı Plazma İşleminin Elektriksel Yüzey Direncine Etkisi

Çalışmanın bu bölümünde uygulanan çoklu RF plazma işleminin poliester filtre kumaşlarının elektriksel iletkenlikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çoklu plazma işleminin iletkenlik üzerindeki etkisini incelemek amacıyla tüm plazma gaz ve monomerleri ile yapılan işlemlerden birer örnek kapsayan en iyi dört plazma koşulu yeni deney grubu olarak belirlenmiştir. Şekil 5'te farklı güç seviyeleri, akış oranları ve plazma gaz ve monomerleri ile farklı sayıda plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey dirençleri verilmiştir.



Şekil 5. Plazma işlemi tekrar sayısının elektriksel iletkenlik özelliklerine etkisi.

Şekil 5'te görüldüğü gibi tüm işlem koşullarında tekrar sayısının artırılması, poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direnç özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Tekrar sayısının artırılması ile en çok pirol/iyot plazması işlemine tabi tutulmuş poliester filtre kumaşların dirençlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

### 3.5. Beyazlık Derecesi Ölçüm Sonuçları

Plazma işlemi uygulanan örneklerin beyazlık derecesi sonuçları Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Plazma işlemi görmüş kumaşların beyazlık dereceleri

Örnekler	Beyazlık İndisi (Stensby)	Örnekler	Beyazlık İndisi (Stensby)
İşlem görmemiş kumaş	85,946	İşlem görmemiş kumaş	85,946
Pirol/İyot plazma		Asetilen/ $Na_2S$	
2W-1dk	84,835	2W-A/Z (3/0)	83,525
2W-10dk	81,274	2W-A/Z (2/1)	82,978
2W-20dk	81,445	2W-A/Z (1,5/1,5)	82,928
6W-1dk	85,047	6W-A/Z (3/0)	78,301
6W-10dk	80,959	6W-A/Z (2/1)	74,888
6W-20dk	81,861	6W-A/Z (1,5/1,5)	76,691
16W-1dk	84,482	20W-A/Z (3/0)	75,307
16W-10dk	81,992	20W-A/Z (2/1)	76,606
16W-20dk	82,104	20W-A/Z (1,5/1,5)	76,238
20W-1dk	84,907	30W-A/Z (3/0)	74,970
20W-10dk	80,941	30W-A/Z (2/1)	73,907
20W-20dk	81,813	30W-A/Z (1,5/1,5)	77,165
30W-1dk	84,059		
30W-10dk	82,239		
30W-20dk	82,009		

Beyazlık derecesi ölçümleri sonucunda, pirol/iyot plazma işlemlerinin ardından beyazlık değerlerinde en çok 5 Stensby derecesi kadar bir farklılık gözlemlenmiştir. Fakat bu

değer gözle fark edilememektedir. Ayrıca asetilen ile yapılan plazma işleminde bir beyazlık derecesinde bir miktar düşüş gözlenmiştir. Bununla birlikte plazma polimerizasyonu ile yapılan bu kaplamalarda elde edilen değerler, diğer iletken polimer kaplamalarındaki gibi belirli bir renge dönüşmesi (örneğin polianilinde yeşil renge, polipirolde siyah renge) şeklinde gerçekleşmemiştir [39-41].

#### 4. SONUÇLAR

Poliester filtre kumaşları plazmanın elektriksel özelliklerine etkisini incelemek amacıyla, farklı monomerler/gazlarla, farklı güç seviyelerinde (Watt), farklı sürelerde (dakika), farklı akış oranları (sscm) ve çoklu plazma işlemleri ile Radyo Frekansı (RF) plazma işlemlerine tabi tutulmuştur. Bu işlemlerin poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direncine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda, pirol/iyot plazması ile yapılan denemelerde en iyi sonuçlar bir dakikalık en kısa işlem süreli plazma işleminde elde edilmiş, plazma odacığının sıcaklığını artırmanın örneklerin elektriksel iletkenlikleri üzerinde olumsuz etki yaptığı ve akış oranını artırmanın daha iyi iletkenlik değeri sağladığı gözlenmiştir.  $C_2H_2$  plazmasında uygulanan güç arttıkça daha kötü iletkenlik değerleri (daha yüksek yüzey dirençleri) elde edilmiştir.  $C_2H_2/Na_2S$  plazmasında düşük güçlerde  $C_2H_2$  akış oranı arttıkça, yüksek güçlerde ise  $Na_2S$  akış oranı arttıkça elektriksel yüzey direnç değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda  $C_2H_2$  ve  $C_2H_2/Na_2S$  plazmaları uygulanan kumaşların elektriksel yüzey direncinin değerlerinin, pirol/iyot plazması uygulanan poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direnç değerlerinden daha iyi olduğu görülmüştür. Çoklu plazma işleminin örneklerin elektriksel iletkenliklerini olumsuz etkilediği ve en çok pirol/iyot plazma işlemi görmüş kumaşların etkilendiği gözlenmiştir. Nanoboyutta yüzey kaplamaları yapılmasına olanak veren plazma polimerizasyon tekniği ile yapılan iletkenlik çalışmaları sonucunda filtre materyalinin iletkenliğinde kullanımı sırasında fark yaratacak bir gelişme elde edilememiştir. Bununla birlikte, yüzeyde çok ince bir tabakayı (en çok 100Å'a kadar) etkilemesi ve materyallerinin diğer özelliklerini değiştirmemesi nedeniyle plazma işlemleri, yaş işlemler ve kaplama işlemleri için etkili bir ön işlem olarak kullanılmaktadır. Filtrasyonun giderek önemi artan bir alan olduğu ve statik elektriklenme probleminin kimya, gıda, maden endüstrileri ve kömür ve çimento değirmenleri gibi birçok alanı ilgilendiren önemli bir sorun olması nedeniyle bu konuda plazma modifikasyonu ardından yüzeyin makro yapısı üzerinde etkili olabilecek daha kalın yüzey kaplamalarının da göz önüne alındığı ileri çalışmaların yapılmasının yararlı olduğu düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. *Hava kirliliğinin tanımı*, (b.t), [http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava\\_kirliligi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava_kirliligi), 18 Ekim 2009
2. Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D., Schwartz J., Spix C., de Leon A.P. ve diğer. (1997). *Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. Air pollution and health: A European approach*. American Journal of Epidemiology, 146, 177-185
3. Katsouyanni K., Touloumi G., Samoli E., Gryparis A., Le Tertre A., Monopoli Y. ve diğer. (2001). *Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: Results from APHEA2 project*. Epidemiology 12, 521-531.
4. Filleul L., Le Tertre A., Baldi I. ve Tessier J.F. (2004). *Difference in the relation between daily mortality and air pollution among elderly and all-ages populations in southwestern France*. Environmental Research, 94 (3), 249-253.
5. Samet J.M., Dominici F., Curriero F.C., Coursac I. ve Zeger S.L. (2000). *Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994*. The New England Journal of Medicine (NEJM), 343, 1742-1749.
6. Sutherland K. ve Purchas D.B (Eds). (2002). *Handbook of filter media*, (2nd Edition), Elsevier
7. Aksit Cireli, A., Onar, N., Ebeoglugil, M.F., Birlik, I., Celik, E., Ozdemir, I., (2009), *Electromagnetic and Electrical Properties of Coated Cotton Fabric with Barium Ferrite Doped Polyaniline Film*, Journal Applied Polymer Science, 113(1), 358-366
8. Onar, N., Aksit, Cireli, A., Ebeoglugil, M. F., Birlik, I., Celik, E., Ozdemir, I., (2009). *Structural, Electrical and Electromagnetic Properties of Cotton Fabrics Coated with Polyaniline and Polypyrrole*, Journal Applied Polymer Science, 114(4), 2003-2010
9. Özyüzer, L., Meric, Z., Selamet, Y., Kutlu, B., Aksit, A., (2010). *Miknatıssal Saçtırma Sistemi İle Metal Kaplanan Polipropilen Liflerin Antistatik ve Antibakteriyel Özellikleri*, Tekstil ve Mühendis, Yıl:17, Sayı:78, 1-5,
10. Gil'man, A.B., Drachev, A.I., (2006). *Plasma –Chemical Synthesis and Properties of Polymer Semiconductors and Prospects for Their Use*, High Energy Chemistry, 40(2), 70-78.
11. Hosono, K., Matsubara, I., Murayama, N., Shin, W., Izu, N., Kanzaki, S., (2003) *Structure and properties of plasma polymerized and 4-ethylbenzenesulfonic acid-doped polypyrrole films*, Thin Solid Films, 441, 72-75.
12. Franklin R.N. ve Brathwaite N. St. J. (2009). *80 years of plasma*. Plasma Sources Science and Technology, 18 (1), 1-3
13. Kickuth R. (2001). *Plasma technology*. German Federal Ministry of Education and Research Brochure; Bonn
14. Kutlu, B., Cireli, A., (2004). *Plasma Technology in Textile Processing*, 3rd Indo-Czech Textile Research Conference [http://www.ft.vslib.cz/indoczechconference/conference\\_proceedings/fulltext/Turkey\\_10.pdf](http://www.ft.vslib.cz/indoczechconference/conference_proceedings/fulltext/Turkey_10.pdf), [http://www.ft.vslib.cz/indoczechconference/conference\\_proceedings/ful](http://www.ft.vslib.cz/indoczechconference/conference_proceedings/ful), Haziran 2004, Çek Cumhuriyeti
15. Liberman M.A. ve Lichtenberg A.J., (Ed). (2005). *Plasma discharges and materials processing* (2nd ed.); New Jersey; John Wiley&Sons, Inc
16. Bogaerts A., Neyts E., Gijbels R. ve Van der Mullen J. (2002). *Gas discharge plasmas and their applications*. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 57, 609-658.
17. La Porte R.J. (1997). *Hydrophilic polymer coatings for medical devices: Structure / properties, development, manufacture and applications*. Boca Raton, CRC Pres LLC
18. Li R., Ye L. ve Mai Y.W. (1997). *Application of plasma technologies in fibre-reinforced polymer composites: A review of recent developments*; Composites Part A, 28 A, 73-86



19. Shishoo R. (Ed.). (2007). *Plasma technologies for textiles*. Cambridge, Woodhead Publishing Limited
20. Cai Z., Qiu Y., Zhang C., Hwang Y.J. ve Mccord M. (2003). *Effect of atmospheric plasma treatment on desizing of PVA on cotton*. Textile Research Journal, 73(8), 670-674.
21. Cireli, A., Kutlu, B., Mutlu, M. (2007) *Surface Modification of Polyester and Polyamide Fabrics by Low Frequency Plasma Polymerization of Acrylic Acid*, Journal of Applied Polymer Science, Vol.104/Issue 4/2318-2322.
22. Kilic (Kutlu) B., Aksit C.A. ve Mutlu M. (2009). *Surface modification and characterization of cotton and polyamide fabrics by plasma polymerization of hexamethyldisilane and hexamethyldisiloxane*. International Journal of Clothing Science and Technology; 21 (2/3), 137-145
23. Kutlu, B., Aksit, A., Mutlu, M. (2010). "*Surface modification of textiles by glow discharge technique: Part II: Low frequency plasma treatment of wool fabrics with acrylic acid*", Journal of Applied Polymer Science, 106, 3, 1545-1551.
24. Bhat N.V., Benjamin Y.N. (1999). *Surface resistivity behaviour of plasma treated and plasma grafted cotton and polyester fabrics*. Textile Research Journal 69 (1), 38-42
25. Garg, S., Hurren, C., Kaynak, A., (2007). *Improvement of adhesion of conductive polypyrrole coating on wool and polyester fabrics using atmospheric plasma treatment*, Synthetic Metals, 157, 41-47.
26. Oh K.W., Kim S.H. ve Kim E.A. (2001). *Improved surface characteristics and the conductivity of polyaniline-nylon 6 fabrics by plasma treatment*; Journal of Applied Polymer Science, 81 (3), 684-694.
27. Liu Y. C., Xiong Y. ve Lu D.N. (2006). *Surface characteristics and antistatic mechanism of plasma-treated acrylic fibers*. Applied Surface Science, 252(8), 2960-2966
28. Akşit A, Mutlu M, Kutlu B, Köse M, (2009), *The Use of Oxygen Plasma Treatment for Removal of Starch/PVA from Cotton Fabrics*, International Conference: Latest Advances in High-Tech Textiles and Textile- Based Materials, Proceedings International Conference Latest Advances in HighTech Textiles and Textile-Based Materials, 274-279, 2009, Belçika
29. Hernandez, R., Diaz, A.F., Waltman, R., Bargon, J. *Surface characteristics of thin films prepared by plasma and electrochemical polymerizations*, Journal of Physical Chemistry, 88, 3333-3337, 1984
30. Mathai, C.J., Saravanan, S., Anantharaman, M.R., Venkatchalam, S., Jayalekshimi, S., *Characterization of low dielectric constant polyaniline thin film synthesized by ac plasma polymerization technique*, Journal of Physics D: Applied Physics, 35, 240-245, 2002
31. Sajeev, U.S., Mathai, C.J., Saravanan S., Ashokan, R.R., Venkatchalam, S., Anantharaman, M.R., (2006), "*On the optical and electrical properties of rf and ac plasma polymerized aniline thin films*", Bulletin of Materials Science, 29(2), 159-163
32. Morales, J., Olayo, M.G., Cruz, G.J., Castillo-Ortega, M.M., Olayo, R., (2000) *Electronic conductivity of pyrrole and aniline films polymerized by Plasma*, Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics, 38, 3247-3255
33. Basarir, F., Choi, E.Y., Moon, S.H., Song, K.C., Yoon, T.H. (2006). *Electrochemical properties of polypropylene membranes modified by the plasma polymerization coating of SO<sub>2</sub>/acetylene*, Journal of Applied Polymer Science, 99, 3692-3699
34. Aksit A, Kutlu B, Mutlu M, (2009). *Electrically Conductive Textile Structures for Medical Applications Produced By Plasma Treatment*, COST Action 868, Biotechnical Functionalisation of Renewable Polymeric Materials, Working Group 2&3 Meeting in İstanbul, Şubat 2009, Beşiktaş
35. Kutlu B., Akşit A. ve Mutlu M. (2009). *Textile surface modification by plasma polymerization for electrical conductivity*. 5. Ulusal Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı, Haziran 2009, Eskişehir
36. Köse M, Akşit A, Kutlu B, Mutlu M, (2010) "*Polypropylene fibers modified by plasma polymerization coating of acetylene and nitrogen containing mixtures*", International conference of applied research in textile, International conference of applied research in textile, 173-179, Aralık 2010, Tunus
37. Şahin, H.T., (2007), *Pyrrole thin films deposited on paper by pulsed RF plasma*, Central European Journal of Chemistry, 5(3), 824-834.
38. Hernandez, A., Martin, E., Margineda, J., Zamaro, J.M., (1986), *Resonant cavities for measuring the surface resistance of metals at X-band frequencies*, Journal of Physics E: Scientific Instruments, 19, 222-225.
39. Vishnuvardhan, K., Kulkarni, V.R., Basavaraja, C., Raghavendra, S.C. (2006). *Synthesis, characterization and a.c. conductivity of polypyrrole/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composites*, Bulletin of Material Science, Vol. 29, No. 1, 77-83.
40. Subathira, A., Meyyappan, Rm., (2010). *Electrodeposition And Anti-Corrosive Properties Of Polypyrrole Coatings On Stainless Steel*, Recent Research in Science and Technology, 2(1), 124-129
41. Xia X.H., Tu1, J.P., Zhang, J., Wang, X.L., Zhang W.K., Huang H., (2008). *A highly porous NiO/polyaniline composite film prepared by combining chemical bath deposition and electropolymerization and its electrochromic performance*, Nanotechnology 19, 1-7.