

T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARDA NANOTEKNOLOJİK
UYGULAMALARIN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMET ABDULLAH KARAGÖZ

HAZİRAN 2019

UŞAK

T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARDA NANOTEKNOLOJİK
UYGULAMALARIN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMET ABDULLAH KARAGÖZ

UŞAK 2019

Muhammet Abdullah KARAGÖZ tarafından hazırlanan “Kişisel Koruyucu Donanımlarda Nanoteknolojik Uygulamaların İncelenmesi” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇETİNKAYA
Tez Danışmanı, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Atilla EVCİN
(Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Afyon Kocatepe Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇETİNKAYA
(Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği, Uşak Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BULDUK
(İş Sağlığı ve Güvenliği, Uşak Üniversitesi)

Tarih: ... / ... / 20 ...

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Muhammet Abdullah KARAGÖZ

KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARDA NANOTEKNOLOJİK UYGULAMALARIN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Muhammet Abdullah KARAGÖZ

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2019**

ÖZET

Endüstrileşme süreci ile birlikte iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarına duyulan ihtiyaç kaçınılmaz bir hal almıştır. Sanayileşen ve globalleşen dünyada İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) önlemlerinde çağın yadsınamaz bir gerçeği olan teknolojiyi kullanmak en olası yaklaşımdır. İş sağlığı ve güvenliği alanına dair tüm ekipmanlarda olduğu gibi kişisel koruyucu donanımlarda da gelişen teknolojinin kullanılması verimliliği ve üretimi arttıran bir etmendir. Bu araştırma ile nanobilim pek çok alanda işlevsellik kazanmışken kişisel koruyucu donanımlarda pazar bulması durumunda ne tür boyutlara ulaşabileceğine dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde; İSG ve nanoteknoloji alanına dair terimler, tarihsel süreçleri, nanoteknolojinin uygulama alanları, kişisel koruyucu donanım özellikleri ve kullanım alanları verilmiştir. İkinci bölüm; kullanılan materyali (PA6 polimeri), üretim ekipmanlarını (solution blowing, electro blowing), filtrasyon, hava geçirgenliği ve SEM test ölçüm cihazlarını, üretim yöntemlerini kapsamaktadır. Son bölümde; nanoteknoloji üretim ile endüstriyel üretim toz maskelerine dair bulgular kıyaslanarak grafikleri yorumlanmıştır.

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler : Nanolif, nanoteknoloji, kişisel koruyucu donanım, toz maskesi, çözüm üfleme, elektro üfleme

Sayfa Adedi : 73

Tez Yöneticisi : Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇETİNKAYA

INVESTIGATION OF NANOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS IN PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

(M. Sc. Thesis)

Muhammet Abdullah KARAGÖZ

UNIVERSITY OF UŞAK

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

With the industrialization process, the need for occupational health and safety studies has become inevitable. In the industrializing and globalizing world, the most probable approach is to use technology, which is an undeniable fact of the age, in OHS (Occupational Health and Safety) measures. As in all equipment related to occupational health and safety, the use of developing technology in personal protective equipment is a factor that increases productivity and production. With this research, while nanoscience has gained functionality in many fields, it has been tried to draw attention to what dimensions it can reach if it finds a market in personal protective equipment.

This study consists of three main parts. In the first part; The terms related to OHS and nanotechnology, historical processes, application areas of nanotechnology, personal protective equipment properties and usage areas are given. Second part; materials used (PA6 polymer), production equipment (solution blowing, electro blowing), filtration, air permeability and SEM test measuring equipment and production methods. In the last section; The findings of nanotechnology and industrial production dust masks were compared and their graphics were interpreted.

Science Code :

Keywords : Nanofiber, nanotechnology, personal protective equipment, dust mask, solution blowing, electro blowing

Number of Page : 73

Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇETİNKAYA

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bilgi ve tecrübeleri ile yön veren danışmanım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇETİNKAYA'ya, İstanbul Teknik Üniversitesi TEMAG Laboratuvarı imkanlarından faydalanmamı sağlayıp desteğini esirgemeyen Sn. Doç. Dr. Ali KILIÇ'a ve ekibi Öğr. Gov. Ali TOPTAŐ, Mehmet ÇALIŐIR, Melike GÜNGÖR, Adel ALRAİ'ye, her aşamasında emeği ve katkısı bulunan kıymetli eşim Sevcan Ceylan KARAGÖZ'e ve aileme müteŐekkirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Terimler.....	5
2.2. Tarihsel Süreç.....	9
2.2.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Tarihsel Süreci	9
2.2.2. Nanoteknolojinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Tarihsel Süreci.....	14
2.3. Nanoteknoloji ve İSG Alanında Kişisel Koruyucu Donanımlar	16
2.3.1. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları.....	16
2.3.2. Kişisel Koruyucu Donanım Özellikleri ve Kullanım Alanları	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.2. Kullanılan Cihaz ve Makineler	26
3.2.1. Viskozimetre	27
3.2.2. Aerospinner	27
3.2.3. Nanospinner	29
3.2.4 Electro Blowing	30
3.2.5. Nanocentrino	31
3.3. Test İşlemleri İçin Kullanılan Cihaz ve Makineler	33
3.3.1. Filtrasyon	33
3.3.2. Hava Geçirgenliği.....	34
3.3.3. SEM.....	34
3.4. Yöntem	36
3.4.1. Solution Blowing.....	43
3.4.2. Elektro Blowing.....	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	47
4.1. Nanolif ile Üretilen Toz Maskenin Ölçümleri	47
4.1.1. Solution Blowing ile Filtrasyon Bulguları	47
4.1.2. Solution Blowing ile Hava Geçirgenliği Bulguları.....	48

4.1.3. Solution Blowing ile Sem Bulguları	49
4.1.4. Electro Blowing ile Filtrasyon Bulguları	52
4.1.5. Electro Blowing ile Hava Geçirgenliği Bulguları	53
4.1.6. Electro Blowing ile Sem Bulguları	54
4.2. Endüstriyel Üretim Toz Maskesinin Ölçümleri	57
4.2.1. Endüstriyel Üretim Toz Maskeleri Filtrasyon Bulguları.....	57
4.2.2. Endüstriyel Üretim Toz Maskeleri Hava Geçirgenliği Bulguları	58
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR	63
EKLER	67
ÖZGEÇMİŞ	73



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.4.1. Nanolif üretim aktivasyon değerleri.....	38
Çizelge 4.1.1.1. Solution blowing ile üretilen numune filtrasyon değerleri.....	47
Çizelge 4.1.2.1. Solution blowing ile üretilen numune hava geçirgenliği değerleri	48
Çizelge 4.1.4.1. Electro blowing ile üretilen numune filtrasyon değerleri.....	52
Çizelge 4.1.5.1. Electro blowing ile üretilen numune verimlilik değerleri	53
Çizelge 4.2.1.1. Endüstriyel üretim numunelerin filtrasyon değerleri	57
Çizelge 4.2.2.1. Endüstriyel üretim numunelerin hava geçirgenliği değerleri.....	58

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1.1.1. Solution blowing ile üretilen numune verimlilik değerleri	48
Şekil 4.1.4.1. Electro blowing ile üretilen numune verimlilik değerleri	53
Şekil 4.1.6.1. Çözüm üfleme ve elektro üfleme ile üretilen numunelerin verimlilik ile hava geçirgenliği kıyası.....	56
Şekil 4.2.2.1. Endüstriyel üretim numunelerin verimlilik ile hava geçirgenliği kıyası....	58

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.2.1.1. Viskozimetre	27
Resim 3.2.2.1. Aerospinner (laboratuvar ölçekli çözelti üfleme).....	28
Resim 3.2.3. 1. Nanospinner	29
Resim 3.2.4.1. Electro blowing	30
Resim 3.2.5.1. Nanocentrino (santrifüj eğirme).....	31
Resim 3.3.1.1. Otomatik filtre test cihazı.....	33
Resim 3.3.2.1. Hava permeabilite test cihazı	34
Resim 3.3.3.1. Taramalı elektron mikroskobu	35
Resim 3.4.1. %14 oranında PA 6 solüsyonu	37
Resim 3.4.2. Solüsyon viskozite ölçümü.	37
Resim 3.4.3. Nanolif ölçümü için kullanılan hassas terazi.....	39
Resim 3.4.4. Endüstriyel üretim ventilsiz toz maskesi (Xventilsiz)	41
Resim 3.4. 5. Endüstriyel üretim ventilli toz maskesi (Xventilli).....	42
Resim 3.4.6. Endüstriyel üretim ventilli toz maskesi (Yventilli).....	42
Resim 3.4.1.1. Aerospinner cihaz işleyişi	43
Resim 3.4.1.2. Çözüm üfleme ile üretilen nanolif.....	44
Resim 3.4.2.1. Elektro üretim prosesinin çizimsel gösterimi	45

Resim 3.4.2.2. Elektro üfleme ile üretilen nanolif	46
Resim 4.1.3.1. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 1 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	49
Resim 4.1.3.2. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 1 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	49
Resim 4.1.3.3. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 5 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	50
Resim 4.1.3.4. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 10 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	50
Resim 4.1.3.5. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 20 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	51
Resim 4.1.3.6. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 30 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	51
Resim 4.1.6. 1. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 5 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	54
Resim 4.1.6.2. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 10 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	54
Resim 4.1.6.3. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 20 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	55
Resim 4.1.6.4. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 30 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	55
Resim 4.1.6.5. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 30 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
BASF	Baden Anilin ve Soda Fabrikası
BM	Birleşmiş Milletler
CE	Avrupa Standartlarına Uygunluk
DC	Doğru Akım
EB	Electro Blowing
GSM	Gram bölü metre kare (gr/m ²)
IBM	Uluslararası İş Makineleri
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
İK	4857 Sayılı İş Kanunu
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGGM	İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
İSGÜM	İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü
İSİG	İş Sağlığı ve İş Güvenliği
İSGK	6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
KKDİKHY Yönetmelik	Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında

KKDY	Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği
LAB	Laboratuvar
MÖ	Milattan Önce
MS	Milattan Sonra
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
OHSAS	İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi
PA	Poliamid
SB	Solution Blowing
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SSGSSK	5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu
STM	Taramalı Tünelleme Mikroskobu
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
TEMAG	Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Geliştirme Merkezi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
X_{ventilli}	X Firmasına Ait Ventilli Toz Maskesi
X_{ventilsiz}	X Firmasına Ait Ventilsiz Toz Maskesi
Y_{ventilli}	Y Firmasına Ait Ventilli Toz Maskesi
yy	Yüzyıl

1. GİRİŞ

Imhotep'in MÖ (Milattan Önce) 2600'lü yıllarda temelini attığı iş sağlığı ve güvenliği çalışmaları, sanayi devrimiyle varoluşunda yükselişe geçmiştir. Türkiye'deki ehemmiyeti günden güne artan İSG'ye yönelik mevzuat ile uygulamaya yönelik iyileştirmeler yapılmaktadır. Çalışanın ruhsal ve bedensel bütünlüğünü korumayı esas alan İSG için kişiye yönelik koruma uygulaması en önemli amaçlardandır. Kişiye yönelik koruma uygulamalarında kişisel koruyucu donanımlar hayati önem taşımaktadır.

Nanoteknoloji tekstilden gıdaya, sanayiden savunmaya, ilaç sektöründen otomotiv sektörüne kadar tüm alanları kapsayan bilim çatısıdır. Geçtiğimiz çeyrek asırda yepyeni bir çığır açan nanobilim, Türkiye'de yeni gelişmekte olan İSG alanına da katkı sağlamalıdır. Nanoteknolojinin iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarına katkı sağlayabileceği en önemli alanlardan biri kişisel koruyucu donanımlardır. Çalışma hayatında yaygın olarak kullanılan sektörel bazlı eldiven, gözlük, kulaklık, baş koruyucu, toz maskesi, ayakkabı, önlük vb kişisel koruyucu donanımların imalatında nanomalzeme kullanımı hem ekonomik yönden hem de sağlık yönünden istenilen hedeflere ulaşımı kolaylaştıracaktır.

Nanoteknolojinin kişisel koruyucu donanımların üretiminde hala kullanılmaması bu çalışmaya duyulan ihtiyacı çarpıcı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu çalışma, solunum sistemi koruyucularından olan toz maskesi üzerinden şekillendirilmiştir.

Kişisel koruyucu donanım temin eden yurtiçi ve yurtdışı firmalarla yapılan görüşmelerde, nanomalzeme ile toz maskesinin üretiminin bulunmadığı tespit edilmiştir. Nanoliflerin hazır giyim ve farklı tekstil kollarında kullanıldığı, KKD (Kişisel Koruyucu Donanım) olarak üniversitelerin AR-GE (Araştırma ve Geliştirme) bünyesindeki laboratuvar ortamında üretime geçildiği saptanmıştır. Nanolif ile toz maskesi üretim çalışmalarının İstanbul Teknik Üniversitesi TEMAG (Tekstil Makina ve Malzemeleri Araştırma Geliştirme Merkezi)'da hayata geçirildiği bilgisine ulaşılmıştır.

Bu çalışma için İTÜ TEMAG LAB'da PA6 (Poliamid 6) polimeri kullanılarak iki ayrı teknik ile iki farklı toz maskesi üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu gaye ile solution

blowing ve electro blowing yöntemleriyle üretilen nanoliflerin kendi içlerinde filtrasyonu, hava geçirgenlikleri ve morfolofik içyapı görüntülemesi (Taramalı Elektron Mikroskobu-SEM) incelenmiştir. Nanomalzeme ile üretilen toz maskelerinin filtrasyon ile hava geçirgenliği mukayesesi için endüstriyel üretim (piyasada kullanımı aktif ve yaygın) olan 2 farklı firmanın toz maskeleri temin edilerek testlere tabi tutulmuştur. Yapılan incelemeler ve elde edilen sonuçlar grafiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; günümüzden geleceğe yön vermekte olan iki farklı disiplinler yaklaşımının ortak bir paydada sentezlenmesidir. Yaşamsal önem taşıyan iş sağlığı ve güvenliği alanı ile yaşam kalitesini arttıran nanoteknolojinin bir araya gelmesi sonucunda kişisel koruyucu donanımların gelişimi kaçınılmazdır.

Araştırmanın birinci bölümünde, çalışmanın genel çerçevesi ile ilgili bilgi verilmektedir.

İkinci bölümünde, iş sağlığı ve güvenliği alanı ile nanoteknolojiye dair teknik terimler ele alınarak gerek bu alandaki profesyonellere gerekse bu konu hakkında bilgi sahibi olmak isteyen alan dışı bireylere belli bir temel oluşturmaya çalışılmıştır. İSG ve nanoteknolojinin tarihsel süreciyle gelişimi genelden özele detaylıca irdelenmiştir. Nanoteknolojinin uygulama alanları, kişisel koruyucu donanımların özellikleri ve kullanım alanları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Kişisel koruyucu donanımlar ile ilgili mevzuat kapsamında oluşturulması gereken formlara değinilmiştir.

Üçüncü bölüm, materyal ve yöntemin ele alındığı kısımdır. Yapılan laboratuvar çalışmalarında kullanılan materyal, üretim ekipmanları, test ölçüm cihazları, üretim yöntemleri verilmiştir. Bu çalışmada çözücüsü formik asit olacak şekilde PA 6 polimeri kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında solution blowing ve electro blowing yöntemleri ile nanolif üretimi yapılmıştır. Laboratuvar ortamında nanomalzeme ile imal edilen iki farklı toz maskesinin filtrasyon ölçümleri; “Otomatik Filtre Test Cihazı (Model 8130A)”, hava geçirgenlikleri “Hava Permeabilite Test Cihazı”, morfolofik içyapı görüntülemeleri Tescan markalı “Taramalı Elektron Mikroskobu” ile yapılmıştır. Çalışma ortamında yaygın bir şekilde kullanılmakta olan iki farklı firmaya ait endüstriyel üretim toz maskeleri temin edilerek ventilli ve ventilsiz olmak üzere filtrasyon ölçümleri ile hava geçirgenlikleri test edilmiştir.

Dördüncü bölümde, çalışma bulgularına yer verilmiştir. Çözelti üfleme (solution blowing) ile elektro üfleme (electro blowing) üretim teknikleri ile imal edilen toz

maskelerinin filtrasyon, hava geingenliği ve SEM bulguları kendi ilerinde mukayese edilmiştir. Endüstriyel üretim toz maskelerinden ventilli ve ventilsiz iki farklı numune seçilerek filtrasyon ile hava geçirgenlikleri test edilerek çıkan sonuçlar nanoteknoloji üretim ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Beşinci bölümde, elde edilen sonuçlar yorumlanarak KKD alanında nanomalzemenin geçerliliği ile modernizasyona yön veren nanoteknolojiye başvurmanın en kapsayıcı yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

İş sağlığı ve güvenliğinin öncelikleri; çalışana en sağlıklı ortamı sunmak, işyerlerindeki maddi manevi zararları ortadan kaldırmak, oluşabilecek kazaların önüne geçmek, takım çalışması sağlamak, çalışma verimini arttırmak olarak sıralanabilir. Çalışanın can güvenliğini sağlamak ve vücut bütünlüğünü korumak amacıyla alınan tedbirlerden en hayat kurtarıcı olanı, KKD kullanımıdır.

Gelişmiş ülkelerin oluşturdukları nanoteknoloji ile yapılan çalışmalar, birçok sektöre hizmet veren bilimdir. Modern çağımızda iş sağlığı ve güvenliği alanı, klasik yaklaşımlardan ziyade nanoteknolojik gelişmelerle beslenmelidir. Nanoteknoloji; nano ölçekli cisimler oluşturmayı hedeflediğinden dolayı hafif, mukavemeti yüksek, akıllı, ekonomik, temiz materyaller elde edilmesini sağlar [1]. Risk analizlerinde sinir ağ sistemlerinin denenmesi gibi iş sağlığı ve güvenliğinde kullanılmakta olan kişisel koruyucu donanımların nanomalzemelerden üretilmesi İSG önceliklerine ulaştırabilecek bir adımdır.

Nanoteknoloji ile iş sağlığı ve güvenliğini sentezleyen literatür incelemesi yapıldığında az sayıda akademik çalışmaya ulaşılması bu araştırmanın sınırlılıklarındandır. Literatür taramasında, bu iki alanı birleştiren çalışmanın 2016 yılında Hülya Ünver tarafından hazırlanan “Nanomalzeme Üretiminde İş Sağlığı Ve Güvenliği Risklerinin Değerlendirilmesi” uzmanlık tezi olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın iki temel noktasından biri KKD’lerin mevzuatsal yönü olup “Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği” 01/05/2019 tarihinde köklü bir değişime uğraması sebebiyle çalışmamızda ele alınan usul ve esaslar baştan revize edilmiştir. Çalışma sırasında yaşanan olumsuzluklarından bir diğeri; Türkiye’de nanomalzeme ile kişisel koruyucu donanım üretiminin olmamasıdır. Nanoteknolojik donanıma sahip olan üniversite araştırma ve geliştirme laboratuvar sayılarının oldukça sınırlı oluşu, nanolif ile toz maskesi üretim ve test çalışmalarını kısıtlı tutmaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi TEMAG Laboratuvarı’nın bu alandaki ilerleyişe öncülük etmesi çalışmamıza olumlu katkıda

bulunmuştur. Bu araştırma ile gelişime son derece açık olan İSG ve nanoteknoloji alanlarındaki bilimsel çalışmalara katkı sağlanması hedeflenmektedir.

İş sağlığı ve güvenliği ile nanoteknoloji alanına dair terimler, tarihsel süreçleri, nanoteknolojinin uygulama alanları, kişisel koruyucu donanım özellikleri ile kullanım alanları hakkında detaylı bilgi çalışmanın bu bölümünde yer almaktadır.

2.1. Terimler

Bakanlık: İş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, “Anayasada Yapılan Değişikliklere Uyum Sağlanması Amacıyla Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname” kapsamında Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı ile birleştirilerek “Çalışma Sosyal Hizmetler ve Aile Bakanlığı” adını almıştır. 2018 yılının Ağustos ayında yürürlüğe giren “15 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi” ile “Çalışma, Sosyal Hizmetler ve Aile Bakanlığı” ibaresi “Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı” şeklinde değiştirilmiştir.

“CE” İşareti: Üretilen KKD’lerin kanunen istenilen kaidelere uygunluğunu sembolize eder [2].

Güvenli Ürün: Belirtilen kullanım süresi zarfında, kendi başına risk oluşturmayan asli koruma görevi sağlayan malzemelerdir [3].

İş Güvenliği: Her türlü çalışma ortamını emniyetli kılabilmek için gelişime açık iyileştirilebilir sistemler bütünüdür [4].

İş Kazası: SSGSSK (5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu)’ye göre; sigortalının çalışma sahasında ya da işyeri dışında işverence görevlendirildiği çalışma sebebiyle, bayanların emzirme saatlerinde, işverenin sağladığı taşıma ile işe gidip gelirken ortaya çıkan, sonucunda beden veya ruh bütünlüğünün zarar görebileceği olaydır [5].

İSGK (6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu)’ya göre; çalışanın iş sözleşmesine bağlı çalışma yaptığı yerde ya da işin faaliyeti sebebiyle ölüme, fiziksel yahut ruhsal yaralanmalara yol açabilecek olaydır [6].

WHO (Dünya Sağlık Örgütü)’ya göre; beklenmedik bir eylem sonucu çalışanın, üretimin ve kullanılan ekipmanın zararına sebep olabilecek olaydır [7].

ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü)'ya göre; hesaplanamayan ve sebebi belirsiz bir şekilde zarar verici özellikteki olaydır [7].

İş Sağlığı ve Güvenliği: İşyerinde bulunan beyaz yaka, mavi yaka ve siviller dahil tüm bireylerin ortam şartlarını belirleyen prostestir [8].

ILO İş Sağlığı Hizmetleri Önerisi'ne göre; iş sağlığı hizmetlerinin rolü temelde önleyici olmaktır. İş sağlığı hizmetleri, özellikle çalışma ortamındaki mesleki tehlikeleri ve ilgili ekonomik faaliyet dallarına özgü sorunları dikkate alarak hizmet ettikleri teşebbüs veya teşebbüslere uyarlanmış bir faaliyet programı oluşturmaktadır.

İşçi / Çalışan: ILO'ya göre işçi; kamu ve özel sektörde görevli kişilerdir [9].

İK (4857 Sayılı İş Kanunu)'ya göre işçi; iş sözleşmesi olup tüzel kişiliği bulunmayan şahıstır [10].

İSGK'ya göre çalışan; tüm resmi veya özel kurum ve kuruluşlarda ayırım olmaksızın faaliyet gösteren bireydir. [6].

İşveren: İK'ya göre; iş akdi ile bünyesinde çalışanı olan gerçek ya da tüzel kişi ile tüzel kimliği olmayan kurum ve kuruluşlardır. [10].

SSGSSK'ye göre; sigortalı kapsamında personeli bulunan gerçek ya da tüzel kişi ile tüzel kimliği olmayan kurum ve kuruluşlardır [5].

İSGK'ya göre; çalışan istihdamı sağlayan gerçek ya da tüzel kişi ile tüzel kimliği olmayan kurum ve kuruluşlardır [6].

Kişisel Koruyucu Donanım (KKD): İşe özgü emniyet amaçlı, kendisi veya parçaları ayrı bir risk teşkil etmeyip vücuda bütünsel ya da uzuvsal koruma sağlayan ekipmanlardır.

Kompozit: Seçilen dolgu malzemesi, güçlendirici ajan ve uyumlu bir matris bağlayıcınının birleşmesinden oluşan malzemedir. Birleşme ile spesifik karakteristikleri ve özellikleri olan yeni bir malzeme oluşmaktadır. Birbirleriyle uyum içerisinde bulunan bileşenler tek bir malzeme gibi birlikte hareket etmektedir. Bileşenler de aralarındaki ara yüzey de fiziksel olarak tanımlanabilmekte ve kompozitin özellikleri, davranışı bileşenlerin ara yüzeyi ile kontrol edilmektedir. Kompozit yeni özelliklere sahip farklı bir malzeme olarak ortaya çıktığından bu özellikleri hiçbir bileşen tek başına sergileyemez [11].

Meslek Hastalığı: SSGSSK'ya göre; işyerinden veya iş koşumundan kaynaklı çalışmada meydana gelen geçici yahut kalıcı, fiziksel ya da psikolojik bozulmalardır [5].

İSGK'ya göre; çalışanın ehliyet sahibi olduğu sektöre özgü, hemen veya sonrasında ortaya çıkan rahatsızlıktır [6].

Nano: Yunanca'dan gelen ve "cüce" anlamı taşıyan "nano" terimsel olarak herhangi bir ölçünün milyarda birini ifade eder [12].

Nanokompozit: Bileşenlerinden en az biri nanometre boyutunda olan malzemedir [11].

Nanolif: Yarıçapları 0,25 mikrondan az olan liflerdir. Ortalama çapları 50-300 nm'dir.

Nanometre: Bir metrenin milyarda birini temsil eden bir ölçüm skalasıdır [13].

Nanometre ölçekli bir parçacık, en küçük canlı hücreden bile daha küçüktür [14].

Nanoteknoloji: Atom ve molekülleri tek tek manipüle ederek istenilen yapının oluşturulması ilkesine dayanan teknik uygulamalar bütünüdür [13].

Nanoteknoloji birçok kaynakta nanometrenin kullanılması ile keşfedilen icatların 'ticari' boyutu olarak tanımlanmaktadır.

Nanoteknoloji, nanometre skalası ile maddenin kimyasal, fiziki, biyolojik yapısının incelenip üretim amacıyla istenilen doğrultuda değiştirilmesini hedeflemektedir. Daha gelişmiş ve bileşenlerinden tamamen farklı malzemeler, sistemler elde edilmesine olanak tanıyan nanobilim maddenin atomik seviyede bilinçli olarak işlenmesine olanak sağlamaktadır [15].

Nanotüp: Çapları nanometre ile ölçülen çok ince tüplerdir. En yoğun olarak kullanılan nanotüpler; karbon nanotüpler ve kil nanotüplerdir [16].

Önleme: Çalışma sahasında sağlıklı ve güvenilir bir ortam oluşturmak için yapılan iyileştirmeler toplamıdır [6].

Risk: Tehlike sonuçlu zarar doğurabilecek eylemler bütünüdür [6].

Tehlike: İşin gerçekleştiği yerde mevcut veya ortam dışından kaynaklı, işe ve işçiye zarar verebilecek olasılıklardır [6].

Üretici: Ürüne ait özellikleri belirleyen, ürünün ortaya çıkması ve piyasaya sunumunu sağlayan gerçek veya tüzel kişidir [3].

Ürün: Piyasaya arz edilmesi hedeflenen tüm ürünleri kapsar [3].

Ventil: Tozlu çalışmalarda, zehirli-zararlı gazların bulunduğu ortamlarda; solunum yollarını korumayı amaçlayan, nefesin verildiği sırada zararlı partiküllerin gözenekleri geçmesine mani olup hava filtrasyonu için değil verilen nefesi rahatça tahliye etme maksatlı sistemdir [17].



2.2. Tarihsel Süreç

2.2.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Tarihsel Süreci

İlk insandan bugüne sürekli üretim halinde olan insanoğlu, iş güvenliği alanında her daim tedbirler almıştır. Yüzyıllar önce alınan önlemler amatörce olup kişinin kendi bulduğu yöntemlerle gerçekleşmekte ve bu önlemler genellikle tecrübe yoluyla edinilmekteydi. İş sağlığı ve güvenliği; tarihçi Herodot'un çalışanların verimliliği için besin değeri yüksek gıdaları tüketilmesine vurgu yapması ve Hipokrates'in kurşunun zararlarından söz etmesi ile öznel bir yaklaşım olmaktan uzaklaşıp kitlesel bir yaklaşıma dönüşmüştür. Sanayi Devrimi ile birlikte bu alandaki çalışmalar daha profesyonel bir boyut kazanmıştır.

Antik Mısır'da hekim olarak da bilinen İmhotep MÖ 2600'lü yıllarda piramitlerin inşası sırasında yaşanan insan ölümleri ve işçilerin genellikle yaşadığı bel sorunlarından yola çıkarak çalışanların işleri nedeniyle yaşadıkları sağlık sorunlarına ilk dikkat çeken kişi olmuştur [18].

İş sağlığı ve güvenliği alanında ilk yazılı kaynak, Hipokrat'ın (MÖ 460-370) madenlerdeki kurşun zehirlenmelerini ele aldığı çalışmadır. Hipokrates kurşunun zararlı etkilerinden bahsederek halsizlik, kabızlık, felç, görme bozukluğu gibi hastalıklara neden olduğunu somutlaştırmıştır [19]. MÖ 200'lü yıllarda Nicander, Hipokrates'in bulgularını geliştirerek kurşun koluğu ve kurşun anamisini inceleyerek; zararlı etkilerinden korunma yöntemleri geliştirmiştir.

Platon (Eflatun)'nun MÖ 428-370 yıllarında “zanaatkârların çalışma şartlarından dolayı ortaya çıkan problemler” iş sağlığı alanında öncü olan çalışmalardan biridir.

Aristo'nun (MÖ 384- 222) gladyatörler için özel diyet tariflerini içeren ve koşucu hastalıklarına değinen çalışması bu alandaki ilk örneklerden biridir [20].

Romalı Pliny (MS 23-77) çalışma alanlarındaki tozların, nefes darlığı ve öksürmeye neden olduğunu tespit etmiştir. Kurşun ve kükürdün zehirli etkilerini ele alarak, işçilerin korunmalarına yönelik deri maskeler yapmıştır. Bu deri maskeler ilk kişisel korunma aracı olarak kabul edilir [4]. Juvenal (MS 60-140) demircilerde görülen göz rahatsızlıklarının ve

uzun süreli ayakta çalışanlarda yaşanan varis şikayetlerinin yapılan işten kaynaklandığını ortaya koymuştur.

MS (Milattan Sonra) 200'lü yıllarda Yunanlı Doktor Galen, kurşun zehirlenmelerinin yapısal ve işlevsel sonuçları ile bakır ocaklarında bulunan asit buharlarının etkilerini incelemiştir.

Minerolojinin duayeni olarak bilinen Georgius Agricola (MS 1494-1555) "De Re Metallica" isimli kitabında iş kazası ve iş güvenliği yöntemleriyle ilgili önerilerde bulunmuş, tozu önlemek için maden ocaklarının havalandırılması gerektiğine dikkat çekmiştir. Ayrıca, çalışanların yaptığı işe bağlı olarak ağız ve burnuna mendil koyması gerekliliği ile kişisel koruyucu donanıma vurgu yapmıştır.

Alman düşünür ve hekim Paraselsus, 1493-1541 yılları arasında maden işçilerinde görülen meslek hastalıklarını inceleyen ve ilk iş hekimliği kitabı olarak bilinen "De Morbis Metallicis" kitabını yazan kişidir [20].

Bernardo Ramazzini (17. yy) uzun yıllar işyerlerinin hekimliğini yapmıştır. Çok sayıda işyeri dolanan Ramazzini işçilerin yaşadıkları hastalıklara daha sistemli yaklaşmış; iş-hastalık ilişkisini vurgulayarak hastalara yaptıkları işleri, daha önceden çalıştıkları iş yeri hikayelerinin sorulmasını istemiştir. Epidemiyoloji uzmanı olan Bernardo Ramazzini iş sağlığının kurucusu olarak tarihe geçmiştir [18]. 1713 yılında yayınladığı "Çalışanların Hastalıkları (De Morbis Artificum Diatriba)" kitabında işyerlerinde iş kazalarına mani olmaya yönelik tedbirler alınmasını tavsiye etmiştir. İş veriminde; işçinin çalışma koşullarının, iş ile uyumunun etkisini belirten Ramazzini, ergonomiden ilk bahseden kişidir [4].

Meslek hastalıklarının tedavisi için hastanelerde özel bölüm oluşturulmasını ilk öneren 18. yüzyılda Tissot olmuştur [18]. İngiltere'de kanser hastalığına sıkça yakalanan baca temizleyicilerine yönelik araştırmalar yapan Percival Pott'un çalışmaları sonuç vererek "Baca Temizleyicileri Yasası (1788)" çıkarılmıştır [4].

1802'de İngiltere'de çıkarılan "Health and Oral Act of Apprentice (Çıracılık Sağlığı ve Ahlakı Yasası)" dokuma fabrikalarında oldukça zor şartlarda çalıştırılan çocuk işçilerin korunmasına, çalışma süresinin günde 12 saat olarak sınırlandırılmasına ve iş yerlerinin havalandırılmasına yöneliktir. Michel Sadler'in önerisi ile "Fabrikalar Yasası (1833)" çıkarılmıştır. Bu yasayla; fabrikalar denetim altına alınmış, çocukların dokuz yaş altı

çalıştırılması yasaklanırken on sekiz yaş altı çalışanların günde en fazla on iki saat çalışmalarına müsaade edilmiştir. 1842'deki düzenleme ile kadın çalışanlar ve on yaş altı çocukların maden ocaklarında çalışmalarına engel getirilirken 1844'deki yasal düzenleme ile iş yeri hekimlerin sorumlulukları arttırılarak çalışanların sağlık kontrolleri görevleri arasına dahil edilmiştir. 1847 yılında çıkarılan "On Saat Yasası" bu alana yönelik bir diğer çalışmadır [21].

Fabrikalarda yaşanan ölümler, yaralanmalar ve hastalıklar ile ilgili incelemelerin yapılıp verilerin toplanmasını gerçekleştiren kişi, 19. Yüzyılda Patissier olmuştur [18].

1919 yılında kurulan ILO, dünya çapında meslek hastalıkları ile iş kazalarının önlenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirmiş, BM (Birleşmiş Milletler) ile imzalanan anlaşma neticesinde 1946'da uzman kuruluş niteliğine vakıf olmuştur. ILO, İSG'ye dair millerlerarası standartlar oluşturarak, sözleşmeleri onaylayan devletler için bağlayıcı bir özelliğe sahiptir. Türkiye, ILO ile imzaladığı sözleşmeler neticesinde, İSG alanında birçok düzenlemeyle iyileştirmelere gitmiştir.

Ülkemizde İSG alanındaki çalışmalar, Osmanlı döneminde kurulan ahilik teşkilatına ve usta-kalfa-çırak ilişkisine dayanmaktadır [22]. Ülke genelindeki iş yaşamı Mecelle ile düzenlenirken, işçi-işveren arasındaki ilişkiler ile çalışma koşulları "lonca" kaideleri ve gelenekler ile belirlenmiştir.

Ma'adin-i Hümayun Nazırı Dilaver Paşa tarafından hazırlanan "Dilaver Paşa Nizamnamesi (1865)" 100 maddeden oluşmakta olup iş hukukuna ilişkin ilk mevzuattır. Bir tüzük niteliği kazanamamasının nedeni, padişah tarafından onaylanmamasıdır. Bu nizamname üretimi arttırmayı hedefleyip kömür madenlerinde çalışan işçilerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi ile madenlerde hekim çalıştırılmasını önermiştir [22]. Kömürün o süreçte eldeki tek enerji kaynağı olması ve madenlerdeki çalışma şartlarının zorluğu bu konulara gösterilen ehemmiyeti arttırmıştır.

Osmanlı zamanında düzenlenen bir diğer nizamname "Maadin Nizamnamesi"dir. 1869 yılında düzenlenen Maadin Nizamnamesi, Dilaver Paşa Nizamnamesi'nin revizyona uğramış bir halidir. Nizamname ile işveren iş kazalarına karşı önlem almakla sorumlu tutulmuş, iş kazası durumunda işçiye tazminat ödenmesinden bahsedilmiş, maden işçileri için ek düzenlemeler yapılmıştır [22].

TBMM (1920)'nin kurulmasına mütakiben; "Zonguldak ve Ereğli Havza-i Fahmiyesinde Mevcut Kömür Tozlarının Amele Menfaii Umumiyesine Furuhtuna Dair

Kanun (1921)” ve “Ereğli Havza-i Fahmiyesi Maden Amelesinin Hukukuna Muteallik Kanun (1921)” ile İSG’ye yönelik iki yasal düzenleme yapılmıştır [21]. Bahsi geçen yasalar; kömür işlemeden artan tozların satılması sonucu kazanılacak gelir ile işçilerin gereksinimlerinin karşılanması, yardım sandıklarının kurulması, meslek hastalığı ile iş kazası durumunda tazminat verilmesi, çalışma saatleri ve koşulları, yaş sınırlaması, işe özgü eğitim konularının düzenlenmesi gibi hükümleri içermektedir.

İzmir’deki I. İktisat Kongresi (1923)’ne katılan çalışan temsilcileri, gelecek yıllarda çıkarılacak yasaların temelini oluşturan tavsiye niteliğinde 30 maddeden oluşan bir teklif vermiştir [23].

Hafta Tatili Kanunu (1924), cumhuriyetin ilanından sonra İSG alanındaki ilk mevzuat çalışmasıdır.

Borçlar Kanunu (1926); işvereni, işçinin uğrayabileceği hastalık ve kaza kayıplarına karşı hukuken sorumlu kılmıştır. Aynı yıl içerisinde çıkarılan “Türk Ceza Kanunu” İSG’ye dair düzenlemelere yön vermiştir.

Belediyeler Yasası (1930) ile, işyerlerine yönelik İSG ile ilgili belli başlı konularda denetim görevi belediyelere verilmiştir.

Umumi Hıfzıssıhha Kanunu (1930) bu alandaki en önemli adımlardan biridir. Bu kanun ile ilk kez işyeri hekimliği uygulamasına başlanılmış olup çalışanların gece çalışma şartları, kadın ve çocuk çalışanların ortam koşulları koruma altına alınmıştır [21].

İş Kanunu (1936), ilk defa devlet-işveren-işçi taraflarını kapsayan bir yasa olmasının etkisiyle 31 yıl yürürlükte kalmıştır.

Asıl ilerleme 1932 yılında ILO’ya üye olunması, “Çalışma Yasası (1946)” ile Çalışma Bakanlığı’nın kurulması, 1949 yılında WHO’ya üye olunması ile yaşanmıştır.

Çalışma Bakanlığı bünyesinde “Çalışma Bakanlığının Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun (1946)” ve “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Genel Müdürlüğü” kurularak merkezi bir yönetim anlayışına gidilmiştir. Genel Müdürlük “İşçi Sağlığı Daire Başkanlığı” olarak revize edilmiş (1983) olup 2000 yılından itibaren “İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGGM)” olarak yapılandırılmıştır.

1946 yılında ayrıca amele birliği kurulmuştur [24].

1946-1957 yılları aralığında çıkarılan sosyal sigorta uygulamasına yönelik dağınık haldeki birbirinden farklı yasalar “Sosyal Sigortalar Kanunu (1964)” vesilesiyle birleştirilmiştir. 2006 yılında yasa yürürlükten kaldırılarak “Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu” yürürlüğe konulmuştur.

İSG alanında; “Basın Mesleğinde Çalışanlarla Çalıştırılanların Arasındaki İlişkilerin Düzenlenmesi Hakkındaki Yasası (1952)”, “Maden Kanunu (1954)”, “Deniz İş Kanunu (1967)” çeşitli hükümler içermektedir.

İkinci İş Kanunu (1967) yürürlüğe girdikten 39 ay sonra Anayasa Mahkemesi kararıyla fesh edilmiştir. “İş Kanunu (1971)” ile, iş durdurma ve işyeri kapatma şartları belirlenmiştir. Bu kanunlar ile iş kazası ve meslek hastalığına yakalanan işçilerin hak kayıplarını en aza indirerek alabilecekleri yardım, maaş ve tazminatlara detaylı olarak yer verilmiştir.

Bakanlar Kurulu kararı ile İşçi Sağlığı Genel Müdürlüğü’ne bağlı olarak “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Merkezi (İSGÜM)” kurulmuş olup (1969), “İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı”na dönüştürülmüştür (2015) [21].

İstanbul ve Ankara illerinde meslek hastalıkları hastanesi kurulmuştur (1978). Şuan hali hazırda Zonguldak ili de dahil olmak üzere 3 ilde hizmet verilmektedir.

Türkiye İSG alanındaki en büyük adımlarını 1999 yılındaki Avrupa Birliği adaylık süreci ile atmıştır. AB uyum süreci ile mevzuatsal ağırlık 2003-2004 yıllarına denk düşmektedir [25].

4857 Sayılı “İş Kanunu (2003)”nun çıkarılması ile 32 yıldır yürürlükte olan 1475 Sayılı İş Kanunu’nun hükmü düşmüştür. ILO sözleşmelerine dayanılarak hazırlanan kanun maddelerinin çoğunluğu yürürlükten kaldırılan kanundan olduğu gibi alınmıştır [23]. Yürürlüğe giren kanun ile “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği” kavramı, yerini “İş Sağlığı ve İş Güvenliği (İSİG)” kavramına bırakmıştır [4].

“İşyeri Sağlık ve Güvenlik Birimleri İle Ortak Sağlık ve Güvenlik Birimleri Hakkında Yönetmelik (2009)” ile “6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (2012)”nun yayımlanması İSG alanını zenginleştirmiştir [4]. İSGK ile önleyici, koruyucu ve iyileştirici bir yaklaşım benimsenmiştir.

2.2.2. Nanoteknolojinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Tarihsel Süreci

Teknolojik ilerleyişin önemli bir ayağı olarak da kabul edilen nanoteknoloji ulusal ve uluslararası rekabet gücünün artırılmasında önemli bir paydaya sahiptir. Nanoteknoloji son 50-60 yılda ivme kazanmış olup ilk ortaya çıkışı 1959 yılında olmuştur.

Amerikan Fizik Derneği'nin 1959 yılında düzenlediği olağan yıllık toplantıda ünlü fizikçi Richard Feynman'ın nanoteknoloji olarak ifade edilmese de küçük boyutlarda uygulamaları ustalıklı yönetme ve kontrol etme üzerine yaptığı konuşması ile ilk defa gündeme gelmiştir. Feynman konuşmasında 24 ciltlik Britanica Ansiklopedisinin niçin toplu iğne başlığı kadar bir büyüklükte yazılamadığı üzerinde durmuş ve bir toplu iğne başının 16 inç'lik genişlikte olduğunu ve çapının 25,000 kez büyütüldüğünde ansiklopedinin tüm sayfalarının gerektirdiği alana eşit olacağını ifade etmiştir. Yapmış olduğu konuşmasında “Dipte (malzemenin atom mertebesinde) Oldukça Fazla Yer Vardır (There Is Plenty Of Room At The Bottom)” ifadesi ile malzeme içyapısına dikkatlerin çekilmesini sağlamıştır. (Feynman, 1959) [26]. Feynman, ilerleyen yıllarda atomun istenilen şekilde düzenlenebileceği teorisini sunarak dünyada var olan bilgilerin 35 sayfada toplanabileceği iddiasında bulunmuştur [27]. Böylelikle Feynman minyatürize edilmiş enstruman görüşü ile nano ölçü ve nanoteknolojinin ilk temellerini atmıştır [26].

Norio Taniguchi 1974'te “Temel Nanoteknoloji Konseptleri” isimli makalesinde nanoteknoloji ifadesini ilk kez atom ve molekül bazında ifade etmiştir. [15].

IBM (Uluslararası İş Makineleri) 1981 yılında Scanning Tunneling Microscope “STM” (Taramalı Tünelleme Mikroskobu) adında yeni bir mikroskop geliştirdi. Bu buluşu gerçekleştiren mucitlere 1986 yılında Nobel Fizik ödülü verilmiştir. Atomik Kuvvet Mikroskobu, STM'nin fonksiyonel bir çeşidi olup aynı zaman diliminde geliştirilmiş ve nanoteknoloji soyut verilere dayandırılmaya başlanarak dönüm noktasını yaşamıştır [28]. İlk defa canlı gözeler üzerinde denenmiş olup antikorların tesiri ile alyuvarların tuzluluğu gözlemlenmiştir [27].

Drexler; boyutsal olarak çok küçük olmakla birlikte bilinen mekanik sistemlerden daha güçlü, kendiliğinden türeyebilen makinalar üretilebileceği iddiası ile nanoteknoloji alanında “evrensel derleyici” olarak nitelendirilmiştir [15].

Eric Drexler 1986 yılında moleküler üretim bilincini artırmak amacıyla Foresight Enstitüsü isimli ilk nanoteknoloji organizasyonu kurmuş ve 1988’de yaklaşık 50 öğrenciye ilk nanoteknoloji dersini kendisi vermiştir [15].

1989’da, dünyanın ilk nanoteknoloji dergisi olan “Nanotechnology” yayınlanmıştır. Bu yıl nanoteknoloji alanında elde edilen bir diğer başarı da Don Eigler’in nikel yüzeye IBM logosunu yazdırması olmuştur [15].

1991’de Sumio Iijima çok duvarlı, 1993’de de Buthune ile tek duvarlı karbon nanotüpü keşfetmiştir. Çelikten daha güçlü, son derece esnek ve elektrik iletibilme özelliğine sahip olan nanotüpler, nanoteknoloji çalışmalarında önemli bir yer edinmiştir.

1993’te, Rice Üniversitesi’nde ilk nanoteknoloji laboratuvarı kurulmuştur. 1996’da NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi), nanoteknoloji alanında çalışmalar başlatmıştır. Aynı yıl Richard Smalley, ‘nanoteknolojinin endüstriye dönüşmesini sağlayan çalışmaları’ ile Nobel Kimya Ödülü’nü almıştır [15].

İlk nanoilaç kitabı olan “Nanomedicine/Nanotıp” 1999’da Robert A. ve Jr. Freitas tarafından kaleme alınmıştır [15].

2000 yılı nanoteknolojinin sonraki yüzyıllara da damga vurmasını sağlayacak çalışmalar açısından oldukça önemli bir yıldır. ABD Başkanı Bill Clinton’un direktifleriyle ilk resmi hükümet programı olan “Ulusal Nanoteknoloji İnisiyatifi” dönemi oluşturulmuştur. İlk nanoteknoloji araştırmaları, ABD askerinin 45 kilogramlık savaş teçhizatını hafifletmek ve yeni işlevlere sahip teçhizatlarla donatmak amacıyla savunma alanında gerçekleştirilmiştir [15]. Bu süreçle birlikte her ülkenin kendi inisiyatiflerini oluşturmaya başladığı gözlemlenmektedir. 2002’de askeri sahada, 2006’da ise kanser tedavisinde nanoteknolojiden faydalanılmaya başlanılmıştır [27]. 2005 yılında, ABD Rice Üniversitesi’nde James M. Tour’un laboratuvarında normal bir arabanın yaklaşık milyarda biri büyüklüğünde ve gözle görülemeyecek kadar küçük ilk tekerlekli nano araba modelinin yapımı gerçekleştirilmiştir [15].

Nanoteknoloji alanındaki gelişmeler her geçen gün hız kazanmaktadır. Son yıllarda nanoteknoloji kullanılan üretim sayısı hızlı bir yükseliş göstermektedir. Nanomalzeme üretimi Türkiye’de üniversite ve enstitü bazında yapılmaya çalışılırken seri üretim boyutuna yeni yeni geçilmektedir. AR-GE faaliyetleri; sınırlı sayıda üniversiteler tarafından yürütülmekte olup devlet üniversitelerinde İTÜ, ODTÜ, Marmara, Hacettepe ve Gebze ön plana çıkarken özel üniversitelerde Sabancı, Koç, Bilkent stratejik çalışma gerçekleştirmektedir [29, 54].

2.3. Nanoteknoloji ve İSG Alanında Kişisel Koruyucu Donanımlar

2.3.1. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları

Nanoteknoloji ile üretim alanında sanayi devriminden sonra ikinci devrimin gerçekleştiği ve ulaşılabilecek noktaların günümüzdekinden çok daha üst noktalar olduğu düşünülmektedir. Nanoteknoloji tek bir alana ait değil tüm bilimsel çalışmaları kapsayan bir çatı olması nedeniyle birçok alanda başvurulan bilimsel gerçektir. Bayındır (2007)'ında değindiği gibi; eski nesil teknolojiyi modernize ederken yapılamaz denilen işlemleri mümkün kılmaktadır [30].

Nanoteknolojinin işlevsel olarak kullanıldığı bazı alanlar şu şekildedir:

a. Biyomedikal/Tıp Bilimleri

Nanomalzemelerin sağlık alanında kendisini oldukça ön plana çıkarması beklenmektedir. Zamanla tahrif olan tıbbi malzemeler yerini, dayanım süreleri yüksek ve vücuda uyumlu nanomalzemelere bırakacağı düşünülmektedir [27].

Nanoteknoloji yakın gelecekte canlı organizmalara müdahale etme imkanı sağlayacaktır. Hastalıkların tespiti, teşhisi ve tedavisi noktası tıp bilimlerinde oldukça etkin olacaktır. Üretimi muhtemel nanoilaçlar, hasta hücre ve dokulara direkt yönlendirilerek teşhis ve tedavi sürecinde ciddi ilerleme kat edilmesini sağlayacaktır [27].

Fare deneklerinde başarılı olan çalışmalarda görüldüğü gibi nanoteknoloji ile üretilen ilaçlar sayesinde kanamaların çok daha kısa sürede durdurulması ve zarar gören dokuların hızla iyileştirilmesi beklenilmektedir [12].

Ölü dokuların nanomalzemeler ile üretilen suni dokularla değiştirilmesi nanoteknolojinin tıp alanına katması beklenen bir diğer gelişmedir [27].

Nanoölçek seviyesinde yaratılacak cihazlar ile gen tanıma konusunda olumlu gelişmeler sağlanacağı öngörülmektedir [27].

b. Tüketici Ürünler

Yakın bir gelecekte hem ekonomiye olumlu etkisi hem de günlük yaşamı kolaylaştırması açısından akıllı yüzeyler tercih edilir olacaktır. Suyu kendiliğinden iten, hava geçirginliği yüksek, kendini dezenfekte edebilen akıllı ürünler piyasada yer alacaktır [12].

c. Çevre ve Enerji

Endüstriyel oluşumların artışı ile atmosfere sayılan sera gazlarının artması, ekolojik sistemin bozulup küresel ısınmanın artışı çevre ve enerji alanında yeni oluşumlara duyulan ihtiyacı arttırmaktadır.

Nano kompozitler ile daha verimli motorların kullanılması, petrole olan bağımlılığın azaltılarak daha çevre dostu ulaşım sistemlerinin kurulmasının sağlanacağı öngörülmektedir [12]. Nanoteknolojinin çevre ve ulaşım alanına şu katkıları sağlaması beklenmektedir:

- Ulaşım alanında dayanımı yüksek, ağırlığı hafif malzemelerden yararlanılması ile enerji tüketimini azaltılması,
- Yenilenebilir enerji kullanımının artması, düşük maliyetli güneş pillerinin kullanımına yönelmesi,
- Nanoenerji ile güneş, jeotermal ve hidrojen gücünün etkinliğinin artması,
- Güneş pilleri alanında güç dönüşümünün geliştirilmesi,
- Vücut ısısından yararlanılarak şarj edilebilir cihazların üretilmesi,
- Otomobil sektöründe mukavetimi yüksek, ömürleri uzun malzemelerin kullanımı ile araç servis işlemlerinin minimize edilmesi hedeflenmektedir [27].

d. Elektronik ve Bilgisayar Teknolojileri

Dünyadaki tüm bilgilerin 35 sayfaya sığdırılabileceği tezini öne süren Feynman'ın nanoteknolojinin kurucusu olduğunu düşündüğümüzde nanobilimin elektronik ve bilgisayar teknolojilerinde ne kadar önemli bir paya sahip olduğunu öngörebiliriz. Nanoölçekli ürünler sayesinde çok küçük boyutlara yüklü bilgi arşivleme üzerine çalışmalar hız kazanmıştır [12]. Nanoteknoloji ile kuantum bilgisayarları yüksektirerek işlem gücü ileri boyutlara taşınabilir (Özdoğan ve ark., 2006) [31].

Nanoteknoloji ile boyutu küçük cihazların büyük işlevler görmesi elektronik, iletişim, bilişim sektörlerindeki pazar hareketliliğini arttırmaktadır (Üreyen, 2007) [31].

Tüm bunlar çok daha ileri seviyelere taşınarak bilinen telekomünikasyon, elektronik, bilgisayar ve askeri çalışmaların ötesine geçmesi amaçlanmaktadır (Arnall,2003) [27].

e. Savunma Alanı

İlk nanoteknoloji araştırmaları, ABD askerinin 45 kilogramlık savaş teçhizatını hafifletmek ve yeni işlevlere sahip teçhizatlarla donatmak amacıyla savunma alanında gerçekleştirilmişken nanoteknoloji savunma alanında ilerlemesi tartışılmaz bir gerçektir.

Askeri üniformalar geliştirilerek; doğa şartlarına uyumlu, savaş ortamlarında üstün başarı sağlayan, gelebilecek tehditlere duyarlı hale getirilmektedir [27].

Aynı şekilde silah sistemlerinin iyileştirilip geliştirilmesi çalışmalarının bir diğer kanadını oluşturmaktadır [31].

f. Gıda Sektörü

Temel tüketim alanlarından biri olan gıda sektörü her daim yeni yaklaşımlara ve ilerleyen teknolojiye ihtiyaç duymaktadır. Birçok yeni uygulamanın önünü açan nanobilim gıda alanına da çarpıcı yenilikler kazandırmaktadır.

Yöntem gıda sektöründe nanoteknoloji gerçekleşen değişimleri şu şekilde anlatmaktadır:

“Bu alandaki en şaşırtıcı örneklerden biri ise şekerleme sanayisinden gelir. Bir çikolata üreticisi nano-gıda teknolojisi yardımıyla yeni tasarladığı ürününün kızgın güneş ışınlarının altında da bile erimemesini sağlar. Çikolata 40 dereceye varan sıcaklıklarda bile erimiyor zira üzeri titanyum kaplıdır. Nanoparçacıklarının içerisine doldurulan titandioksit maddesi kakao kreminin içerisine yerleştirilir. Isı artınca harekete geçen koruyucu tabaka çikolatanın erimesini engeller (Yöntem, 2008) [31].

Nano-gıdaların en büyük avantajı ise ürünlerin içerisine yerleştirilen nanoparçacıklarında saklıdır. Bu parçacıklar yardımıyla gıdaların sahip oldukları nitelikler kontrol edilebilir hale gelmektedir. Küçük birer kumanda kapsülü gibi çalışan bu parçacıklar üretici şirketler tarafından önce renk, lezzet veya kıvam özellikleriyle doldurulur ardından da ısı veya harekete duyarlı olarak programlanarak gıdaların içerisine yerleştirilir. Böylece tüketici nano-gıda teknolojisiyle üretilen gıdaların birçok özelliğini dilediği anda değiştirebilir. Özellikle ilk olarak ABD’de satışa sunulan ve türünün ilk örneklerinden biri olan nano-pizza büyük ilgi çekmektedir. Ürünün en büyük özelliği ise ısıya göre lezzet ve kıvamının değişmesi. Pizza 100 derecede ısıtıldığında rengi kırmızı olurken lezzet bakımından da domatesi çağrıştırır. Ancak aynı pizza 200 derecede ısıtıldığında ise rengi yeşile dönüşüyor ve tadı da ıspanak lezzeti vermeye başlar (Yöntem, 2008) [31].

g. Tekstil Sektörü

Nanoteknoloji kullanılarak tekstil alanında yapılan üretimler nano-tekstil olarak adlandırılmaktadır. Nanobilim çalışmaları bünyesindeki tüm tekstil dokumalarını kapsamaktadır [31].

Nanoteknolojinin ülkemizde en çok kullanılan alanın tekstil olduğu görülmektedir. Askeri üniformalardan takım elbiselere kadar pek çok alanda nano tercih edilen yöntem haline gelmiştir.

Nanotekstil ürünlerinde kumaşlara suyu itme, leke çıkarıcı, hava geçirgenliği yüksek özellikler kazandırılarak nanoteknolojinin tekstil alanında oldukça tercih edilir olmasını sağlamış ve tekstilde bu alana ciddi yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Tekstil sektöründe var olan rekabette akıllı kumaşların tercih edilirliliği ve bu alana yapılan ciddi yatırımlar tekstil alanında nanoteknolojinin edindiği yeri göstermektedir.

2.3.2. Kişisel Koruyucu Donanım Özellikleri ve Kullanım Alanları

Türkiye’de KKD kullanım ve üretimini belirleyen mevzuat çalışmaları aşağıda belirtildiği gibidir:

- İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu,
- Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun,
- Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği,
- Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik,
- Kişisel Koruyucu Donanımlar Teknik Komitesinin Oluşumu ve Görevlerine Dair Tebliğ,
- Kişisel Koruyucu Donanımların Kategorizasyon Rehberine Dair Tebliğ,
- Kişisel Koruyucu Donanımlarla İlgili Uyumlaştırılmış Ulusal Standartlara Dair Tebliğ,
- Kişisel Koruyucu Donanımlarla İlgili Uyumlaştırılmış Ulusal Standartlara Dair Tebliğe Ek Yapılması Hakkında Tebliğ’dir.

Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun (2001)’dan yararlanılarak hazırlanmıştır. İşyerlerinde çalışma alanının konumu, türü, durumu, süreci alınacak önlemlerin çeşitliliğine etki etmektedir [32]. Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde

Kullanılması Hakkında Yönetmelik, İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (2012)'na dayanılarak hazırlanmıştır.

KKD'lerin çalışma ortamlarında kullanımında dikkat edilmesi gereken temel faktörler şu şekildedir:

- KKDY (Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği) hükümlerine hayiz ürünler olmalıdır.

- Tüm KKD'ler risk teşkil etmeden var olan riski yok etmeye yönelik iş özgü olmalıdır.

- İnsan yapısına uyumlu olup ayarlanabilir ölçüleri ile tam fonksiyon sağlamalıdır.

- Avrupa uygunluğu ile uluslararası istenilen standartları taşımalı, çalışana anlaşılır kullanım rehberi sunulmalıdır.

Risklerin arttığı karmaşık sistemlerde eşzamanlı birden çok KKD kullanılması gerektiğinde, birbirinin görevine kısıtlama getirmeyen ekipmanlardan faydalanılmalıdır. KKD'ler; ortam şartları, çalışma süreleri, tehlike türü, yapılan işin özelliği göz önünde bulundurularak tercih edilmelidir. KKD'ler çalışanlara zimmet formu ile teslim edilmeli, mümkün olduğunca birden fazla kişinin kullanımına müsaade edilmemelidir. Aksi durumlarda personellerin sağlığını etkileyecek noktalarda tedbirli davranılmalıdır.

KKD'ler, işverenin işçiye ücret belirtmeksizin temin etmesi ve belirli periyotlarla yenilemesi, temizlik ile koruma imkanı sunması, daima hazır halde bulunması gereken malzemelerdir. Hangi KKD'nin hangi tehlikelere yönelik kullanılması gerektiği hususu ile çalışanın kendisine teslim edilen ekipmanı nasıl kullanılacağına dair eğitim verilmesi işverenin sorumluluğundadır.

KKD'ler;

- Üretim gayesine uygun bir şekilde kullanılmalıdır.

- Erişim alanları kolayda ve önü açık olmalıdır.

- Çalışan sayısı ile doğru orantılı olacak şekilde hazır bulundurulmalıdır.

- Talimatları ile birlikte personellere zimmetlenmelidir.

- Belirtilen sürelerde temizlik ve bakımı yapılmalıdır.

- İşçiler tarafından her mesai öncesi kontrol edilmeli, herhangi bir zarar uğruma durumu söz konusu ise işveren haberdar edilmelidir.

- İşçilere taksim edilirken ekipbaşı, formen vb yetkili personellerin fikileri alınmalıdır.

Kişisel koruyucu donanımlar ile amaçlarına uygun kullanım yerleri, KKDİKHY (Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik)'de kategorize edilmiştir. Kategorilendirme ve KKD'lerin kullanıldığı iş alanları şu şekildedir:

a. Baş Koruyucuları

- Kumaştan üretilmiş koruyucu başlıklar
- Endüstriyel alanlarda kullanılmakta olan baretler
- Saçlı deriyi koruyucu saç filesi, bone ve kepler

Baş Koruyucularının Kullanıldığı Yerler:

Yüksekte çalışma, iskele, demir, kalıp, sökü ve yıkım işlerini barından inşaat sektöründe; toprak-kaya işlerinde; maden sektöründe; çelik yapıların inşasında; yeraltı ve yerüstünde yapılan çalışmalarda; insan ve yük taşıma araçları ile yapılan işlerde; ulaşım araçları ile alt yapı çalışmalarında; yüksek sıcaklık gerektiren işlerde; hayvan kesim ve dağıtımı ile cıvatalama işlerinde kullanılır.

b. Kulak Koruyucuları

- Endüstriyel alanda kullanılan baretlere uyumlu kulaklıklar
- İç haberleşme özelliği taşıyan kulaklıklar
- Tam akustik özellikli baretler
- Frekans seviyesi düşük kapalı devre haberleşme özellikli kulaklıklar
- Kulak tıkacı vb aygıtlar

Kulak Koruyucularının Kullanıldığı Yerler:

Metal işlerinde; darbeli matkap vb ekipman kullanılan işlerde; ses oranı yüksek ulaşım yollarındaki çalışmalarda; kazık çakma, ağaç işleme ve tekstil çalışmalarında kullanılır.

c. Göz ve Yüz Koruyucuları

- Gözlükler/gözlüküstü gözlükler
- Dalgıç modeli kapalı gözlükler
- Kızılötesi, ultraviyole, görünür radyasyon ile lazer ışını ve X-ışını koruyucu gözlükleri

- Yüz siperleri; ark kaynak maske ve baretleri ile türevleri

Yüz ve Göz Koruyucularının Kullanıldığı Yerler:

Çelik, demir, profil vb kaynak ile kesim işlerinde, kaynak testleri ile sızdırmazlık kontrollerinde, cıvata somun üretimlerinde, taş işleme çalışmalarında, talaşlı imalatlarda, presli sıcak çalışmalarda, artık malzemelerin bertarafında, korozif madde sıçramalarına karşı, kimyasal maddelerle yapılan temizlik işlerinde, lazerli veya radyantlı çalışmalarda, biyolojik işlerde kullanılır.

d. Solunum Sistemi Koruyucuları

- Dalgıç elbise ve donanımları
- Hava takviyeli solunum aletleri
- Toz, gaz ile radyoaktif toz filtreli maskeler
- Takıp çıkarılabilir kaynak maskesi bulunan solunum cihazları

Solunum Sistemi Koruyucularının Kullanıldığı Yerler:

Risk teşkil eden tozlu çalışmalarda, kapalı alan çalışmalarında, yer altı sahalarında yapılan işlerde, soğutma tesisleri ile yüksek fırınlama yapılan bölgelerde, biyolojik ajanlı işlerde kullanılır.

e. El-Kol, Gövde-Karın, Vücut Koruyucuları

- Makinelerin delme, kesme ve darbelerine karşı; soğuk ve sıcağa, kimyasallara, elektrik çarpmalarına karşı özel koruyucu eldivenler

- Kolluklar
- Parmak kılıfları
- Parmaksız eldivenler
- Tek parmaklı eldivenler
- Koruyucu eldivenler
- Parmak kılıfları
- Ağır işlerde kullanılan bileklikler
- Makinelerin delme, kesme, malzeme sıçratma vb durumlarına karşı önlük, ceket ve

koruyucu yelekler

- Kimyasallara karşı önlük, ceket ve koruyucu yelekler
- X ışımına karşı önlükler
- Vücut kemeri
- Cankurtaran yeleşği
- Isıtmalı yelek
- Yüksekten düşmeye karşı teknik ekipmanlar bütünü
- Koruyucu kıyafetler

El-Kol, Gövde-Karın, Vücut Koruyucularının Kullanıldığı Yerler:

Kimyasal maddelerle yapılan temizlik işlerinde; yüksek sıcaklıkta yapılan işlerde; kesici ürünlerle yapılan işlerde; kumlama çalışmalarında; soğuk çalışmalarda; kapalı alan kaynak işlerinde; kesme-parçalama işlerinde; döküm, demir dövme, kaynak işlerinde; asit ve bazlı ortamlarda; açık alanlarda ve gece çalışmalarında kullanılır.

f. Ayak ve Bacak Koruyucuları

- Normal bot, çizme ve ayakkabılar
- Bağlama aksesuarı kolay açılan ayakkabılar
- Isıya mukavemeti yüksek bot, çizme, ayakkabılar
- Dizlik ve tozluklar
- Parmak koruyucusu olan ayakkabılar
- Termal bot, çizme ve ayakkabılar
- Darbe emici bot, çizme ve ayakkabılar
- Elektrik çarpmasına karşı bot, çizme ve ayakkabılar
- Yalıtım özelliği taşıyan bot, çizme ve ayakkabılar
- Tabanı tahta ayakkabılar
- Zincirli testere operatörleri için koruyucu bot ve çizmeler
- Takıp çıkarılabilen iç tabanlıklar, çiviler ve ayak üst kısmı koruyucuları

Ayak Koruyucularının Kullanıldığı Yerler:

Yüksekte yapılan işler ile iskelelerde; yol, bina, çatı ve çelik yapılar ile inşaatlarda; tamirat ve tadilat işlerinde; yeraltı yerüstü çalışmalarda; havalandırma ve ısıtma sistemleri ile metal işlerinde; seramik sektöründe; ulaşım alanında; lojistik faaliyetlerde; gıda sektörüne yönelik fabrikalarda; sıcak ve soğuk çalışmalarda; ergimiş madde bulunan bölgelerde kullanılır.

g. Cilt Koruyucuları

- Koruyucu kremler / merhemler

Cilt Koruyucularının Kullanıldığı Yerler:

Deriyi koruma amacıyla malzeme kaplama işleri ile dericilikte kullanılır.

Ayrıca yüksekte düşmeye karşı teknik ekipmanlardan;

Emniyet Kemeri Kullanıldığı Yerler:

Yüksekte çalışmalarda, iskelelerde; çelik yapı, prefabrik ve şantiye sahasında; çatı montajı vb düşme riski bulunan tüm lokasyonlarda kullanılır.

Güvenlik Halatları Kullanıldığı Yerler:

Yüksekte çalışma işi olan tüm yerlerde; kule vinç kabinlerinde; ambarlarda kullanılan istifleme ve boşaltım ekipmanlarının yüksek kabinlerinde; kuyu ve kanalizasyon işleri ile sondaj kulelerinde kullanır [54].

İSG saha uygulamalarında kullanılan kişisel koruyucu donanımlarla ilgili hazırlanması zorunlu olan evraklar aşağıda belirtilmiştir:

- KKD Kullanımına Dair Risk Belirleme Tablo Örneği (Bkz. EK-1)
- KKD Zimmet Formu (Bkz. EK-2)
- KKD Kullanım Matrisi (Bkz. EK-3)
- KKD Standart Tablosu (Bkz. EK-4)

Yukarıda belirtilen formlar ek kısmında verilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Buer ve ark. (2001) nanolif hakkında şunları ifade etmiştir:

“Nanolifler yüksek moleküler oryantasyona sahiptir. Çapları 5-500 nm arasında olan liflerin spesifik yüzey alanları 10000 – 1000000 m²/kg arasında değişmektedir; çapı 3 nm olan ve yaklaşık 40 molekülden oluşan bir nano lifte bu moleküllerin yarısı yüzeyde toplanmaktadır. Bu nitelik ile nanolifler; moleküler, fonksiyonel gruplar, katalitik parçalar, iyonlar gibi mertebesi nano ölçekli partiküllerle bağlanabilme özelliği kazanır” [31].

Toz maskesi numuneleri laboratuvar şartlarında sahip olduğu özelliklerinden dolayı nanolif ile üretilmiştir. Laboratuvar boyutunda nanoliflerin oluşumu için PA 6 polimeri kullanılmıştır.

3.1. Materyal

Mühendislik plastiklerinin en önemli gruplarından biri poliamidlerdir. PA6 nem aktivitesi düşük sentetik bir termoplastik olup yüksek mol kütlesine ve kristalliğe sahiptir.

1952 yılında geliştirilen poliamid 6, naylon türleri içerisinde fiziksel ve mekaniksel indeksli en iyi üründür. Kimyasal dayanım yüzdeliği elli civarında iken belli başlı asit ve bazlara direnci bulunmaktadır. Performans değerlerinin yüksek, maliyetinin uygun olması tercih edilirliliğini arttırmaktadır.

Poliamid 6; biyouyumlu ve biyobozunur özellikteki sentetik polimer türlerindedir. Daha ziyade; ε-kaprolaktam halkasının açılma polimerizasyonu ile oluşan naylonun, tekstil ile plastik sektöründeki kullanım alanı oldukça fazladır. Nanoteknolojik yöntemlerle sağlamlığı artırılıp dokusal özelliklerinin geliştirilmesine olanak sağlamasından dolayı, doku mühendisliğine yönelik uygulamalarda ön plana çıkmaktadır [33].

Poliamid 6; mükemmel sertliğiyle doymuşluk oran dengesinde bulunmakla birlikte ısıl deformasyona dayanım gösteren kullanımı en yaygın polimer familyasıdır. Dişli, yatak ile segmanları, aşınma plakaları vb parça imalatlarına uyumlu oldukları için bronz, pirinç, elik gibi alaşımlara alternatiftir. Poliamidlerin alışma omurleri; normal ve dşk kayma hızlarının esas alınması ile aşındırıcı ortam koşullarında (kum, toz vs) demir, bronz, elik ve dökümden iki ile on kat daha verimlidir. İşlenebilirliği kolaydır. Elektrik yalıtkanlığını; uygun sıcaklık ile nemin az olduğu ortamlarda sağlamaktadır. Bazı hidrokarbonlara, hidrolik sıvılara, temizleme özelliği olan kimyasallara, motor yakıtları ile yağlara dayanıklı iken mineral asitlere (sulandırılmış) dayanım gösterememektedir. Ester, keton ve alkola dirençli olup sülfürik ve formik asitler ile yükseltgenmiş madde zeltisine dirençli olmayıp zlmektedir [34].

Poliamidler; otomotivden tekstile, elektrik ve elektronikten tıbbi malzemelere, plastikten makineye, mobilyadan spor ekipmanlarına, ambalajdan gıdaya, inşaattan bilişim teknolojilerine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır.

Laboratuvar boyutunda nanoliflerin üretimi için kullanılan solüsyon; çözücüsü formik asit olacak şekilde poliamid 6 ile hazırlanmıştır. Formik asit TEKKİM firmasından, PA 6 polimeri hazır halde BASF (Baden Anilin ve Soda Fabrikası) Türk Kimya firmasından temin edilmiştir.

3.2. Kullanılan Cihaz ve Makineler

Çalışmanın yapıldığı TEMAG laboratuvarında nanomalzeme üretimi için kullanılan cihaz ile makineler; aerospinner (laboratuvar ölçekli çözelti üfleme), nanospinner (elektrospinleme cihazı), e-aerospinner (laboratuvar ölçekli elektro üfleme) ve nanocentrino (santrifüj eğirme)'dir. Bu çalışmada; hazırlanan solüsyon viskozite değerleri viskozimetre ile ölçülürken çözelti üfleme (solution blowing) yöntemi ile nanolif üretimi için aerospinner (laboratuvar ölçekli çözelti üfleme) cihazı, elektro üfleme (electro blowing) yöntemi ile nanolif üretimi için e-aerospinner (laboratuvar ölçekli elektro üfleme) cihazı kullanılmıştır.

3.2.1. Viskozimetre



Resim 3.2.1.1. Viskozimetre

Alpha, belirli bir hızdaki bir numunede dönen bir işmili torkunun ölçülmesine dayanan bir dönel viskozimetredir. Üç farklı model ve çeşitli aksesuarlar, geniş bir viskozite ölçümü yelpazesini kapsamısına izin verir.

Alpha serisi viskozimetreler, oda sıcaklığındaki ölçümlerde doğru ve hızlı viskozite değerine ulaşılmasına olanak sağlar. Değerleri otomatik hesaplayıp sonuçları mPa.s ya da cP birimleri cinsinden verir. Viskozite ve % tork değerlerini dijital ekrana yansıtır. Ölçüm esnasında tek tuşla hız değişimi yapılmasına imkan verir [35].

Viskozimetreler; boya, gıda, kimya, ilaç, kozmetik, petrokimya, tekstil vb sanayi sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [35].

3.2.2. Aerospinner

Aerospinner (laboratuvar ölçekli çözelti üfleme); teknik tekstil endüstrisinin gereksinimlerini karşılamak için tasarlanmıştır. Yeni uygulamalar için tek tip nano ve mikrofiber ortam üretimi sağlamaktadır. Aerospinnerler diğer sistemlere nazaran daha üstündür. Düşük enerji tüketimi ile sıkıştırılmış hava, lif oluşumu için itici güç olarak

kullanılması sebebiyle yüksek verimlilik sağlar. Kontrol paneli yerleşik, elektrik çarpma problemi olmayan kullanıcı dostu cihazlardır [35].

Aerospinner, gündelik üfleme yöntemi ile nano elyaf üretimi için kullanılmaktadır. Aerospinner cihazı için kumaş homojenliği önemli olmakla birlikte açma ve kapama işlemleri yalnızca kontrol ayar butonlarıyla yapılır. Ana güç, aydınlatma ve vakum fanları sadece açma ve kapama düğmelerini kullanır. Ön kapı açılma açısı 120° 'dir [36].



Resim 3.2.2.1. Aerospinner (laboratuvar ölçekli çözelti üfleme)

Koleksiyoner Birimleri:

Meme Kayma Hızı: 1-10 m/dk

Meme Toplayıcı Mesafesi: 100-400 mm

Strok Uzunluğu: 50-400 mm

Dönme Hızı: 10-220 rpm

Numune Boyutu (Maksimum): 400 mm x 500 mm (40*50 cm²)

Vakum Kapasitesi: 1 000 m³/saat

Basınç Düzenleyici (Basınç regülatörünün kapasitansı): 0-6 bar'dır.

Elektrikli üfleme için değiştiriciler: -15kV & + 15kV güç [35].

3.2.3. Nanospinner



Resim 3.2.3. 1. Nanospinner

Nanofiber membran üretimi için tasarlanmış elektrospınleme cihazıdır. Bir veya daha fazla nozul ile aşağıdan yukarıya dönmeye izin verir. Homojen lifli numunelerin üretimi için yatay hareketli döner bir kollektöre sahiptir.

Cihaz Çalışma Koşulları:

Voltaj Aralığı: 30 kV (max)

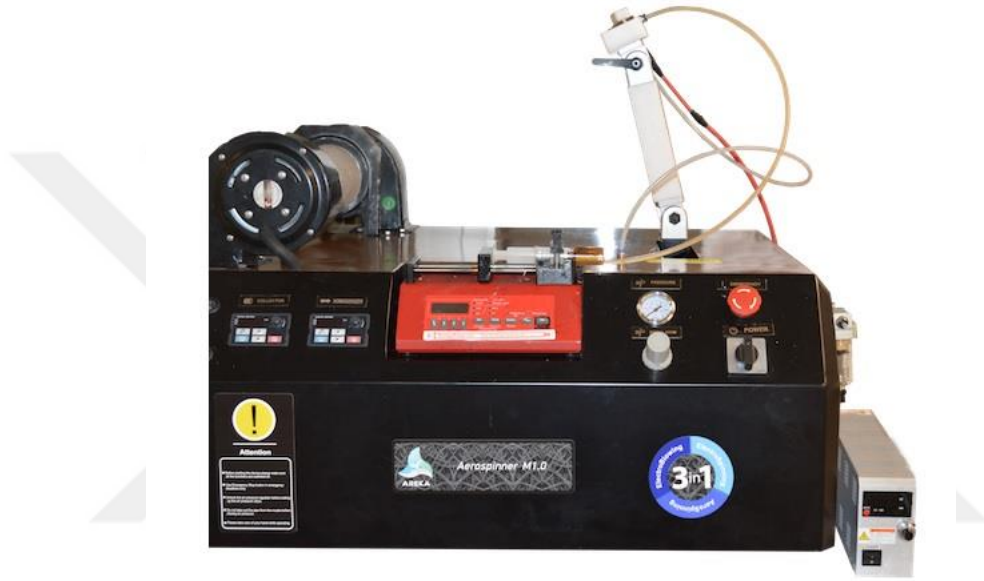
Besleme Hızı: 100 ml/saate (max)

Nozül (Toplayıcı): 3 ila 25 cm

Uygulama alanları; tekstil, filtrasyon, biyotıp, tıp, kimya endüstrisi, inşaat vb sektörlerdir [36].

Bu cihaz, elektro-imalat yöntemi ile yüksek voltajla oluşturulan yüksek elektrik alan içinde polimer çözeltisinden nanofiber üretmeye yarayan bir düzendir. Gerekli gerilim ile voltaj uygulanarak üretim şartlarına uyumlu polimerler ile imalat yapılmaktadır [37].

3.2.4. Electro Blowing



Resim 3.2.4.1. Electro blowing

E-Aerospinner (laboratuvar ölçekli elektro üfleme); elektro-eğirme, elektro üfleme ve aero eğirme yöntemiyle nano elyaf üretme imkanı sağlar. Kullanımı ve taşınması kolay olup çok az yer kaplar. Bilim insanlarına deneylerini kolayca gerçekleştirme şansı tanır. Makine tarafına yerleştirilmiş barometre ile basınçlı havanın değerleri üzerinde tam kontrol olanağı bulunur. Yüzey alanı teflon kaplandığı için çok daha hızlı ve kolay temizlenir. Şırınga pompası için uygun zemini bulunur.

Koleksiyoner Birimleri:

Meme Kayma Hızı: 1-10 m/dk

Meme Toplayıcı Mesafesi: 200-600 mm

Dönme Hızı: 280 rpm

Basınç Düzenleyici: 0-10 bar

Numune büyüklüğü (Max): 65 mm x 220 mm

Vakum Kapasitesi: 380 m³/saat x 2

Memelerin Sayısı: 1

Besleme Solüsyonu Ölçeği: Bir şırınga

Strok Uzunluğu: 250 mm

Elektrik voltaj tedarikçisi: 30 kV'a kadardır [35].

Electro blowing ile çözüldüden üflemele nanolif üretim sistemlerinin bir arada bulunduğu yeni sistemdir. Bir yandan basınçlı hava sayesinde hızlı üretim sağlarken bir yandan da elektrik akımı sayesinde damlacıksız şekilde nanolif üretimini gerçekleştirmektedir. Elektro blowing ile hem çözüldüden üfleme hem de elektro üfleme ile nanomalzeme üretimi yapılabilmektedir.

3.2.5. Nanocentrino



Resim 3.2.5.1. Nanocentrino (santrifüj eğirme)

Nanocentrino; benzersiz santrifüj eğirme sistemleri (nanofiber çözümleri) akademik veya sınıai ölçekli işler için homojen nano lifli ortam üretmek üzere üretilmiştir. Ana tahrik mekanizması olarak merkezkaç kuvvetlerini kullanarak düşük enerji tüketimi ve yüksek performansın bir kombinasyonudur. Sistem, değişken nozüller ile ergonomik tasarıma sahiptir. Laboratuvar ölçeği Nanocentrino L1.0, 300 mm x 300 mm'ye kadar boyutlara sahip örnekler üretme yeteneğine sahipken Nanocentrino E3.0 ile 1500 mm genişlikteki filtre ortamı üretilebilmektedir.

Koleksiyoner Birimleri:

Dönme Hızı: 15 000 rpm'ye kadar

Spinnerette Hacmi: 6,5 cm³

Spinnerette Çapı: 0,4-1,6 mm

Dönme Hızı: 30-220 rpm

Numune Boyutu (Maks): 300 mm x 500 mm

Vakum Kapasitesi: 1 000 m³/saat [35].

3.3. Test İşlemleri İçin Kullanılan Cihaz ve Makineler

3.3.1. Filtrasyon



Resim 3.3.1.1. Otomatik filtre test cihazı

Cihaz; partikül respiratör filtrelerini, tek kullanımlık filtreleme yüz parçalarını ve çok çeşitli filtre ortamlarını test etmek için kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyet ve çözünürlük ile çok iyi sonuçlar vermektedir [38].

3.3.2. Hava Geçirgenliği



Resim 3.3.2.1. Hava permeabilite test cihazı

Cihaz, endüstriyel ve tekstüre olmayan kumaşlar dahil her türlü kumaş çeşidinin hava geçirgenliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Numune tutucular 20 cm^2 'dir. Basınç azaltma imkanı 500 pa'ya kadardır. Hava geçirgenliği birim olarak dm^3/dk olarak baza alınır [36].

3.3.3. SEM

Taramalı elektron mikroskobu anlamına gelen SEM; alan emisyon tabancalı ya da Lantan hekza borit katottan, Tungsten'dan oluşan elektronların, inceleme yapılacak numune yüzeyine gönderilerek meydana gelen etkileşimlerden faydalanılması prensibine dayalıdır [39].

SEM cihazı ile görüntü, odaklanılan elektron demetiyle numunenin yüzeyi taranarak ortaya çıkar. Numuneye gönderilen elektronlar ile, yüzeyindeki kompozisyon ve topoğrafi ile ilgili bilgileri barındıran sinyalleri oluşturulur. Raster tarama düzeneğiyle numunenin yüzeyini tarayan elektron demetinin konumu, oluşan sinyal ile eşleştirilip görüntü elde edilir [40].

Gün Sazak KOZANOGLU (2006)'na belirttiği üzere; “*Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ısınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir*” [41].

SEM; pek çok alandaki AR-GE faaliyetlerinde; sanayi sektörlerindeki hata analizinde; tıp, biyoloji ve kriminal alanlarda; elektronik alanda ise mikro boyutta sıkça kullanılmaktadır [42].



Resim 3.3.3.1. Taramalı elektron mikroskobu [43]

3.4. Yöntem

Nanoteknoloji, bilindiği üzere ölçümlerin, milimetrenin milyonda biri (10^{-9}) olarak minyatürize edilmesidir. Aksay'ın ifadesi ile “Onları üretebilmek bir meyden okuma fakat kullanabilmek daha büyük bir meydan okumadır” [44].

Nanomalzemeler; sağlık sektörü, enerji alanları, akıllı tekstil ürünleri ile filtrasyon işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Nanolifler çoğunlukla 100 nm çapında ve 1 µm'den azdır. Ekonomik oluşu ile üretim yöntemlerinin kolay olması nanolifleri işlevsel kılmaktadır. Polimer çözeltisinin nano ölçeğe taşınması üç temel metotla mümkündür. İlki elektrospinning olup polimerler elektrostatik kuvvetle nanoliflere dönüştürülür. Çözeltiden (eriyikten) üfleme metodunda; polimerler basınçlı hava ile üretime tabi tutulur. Son metotta ise santrifüj kuvvetleri ile solusyondan ve eriyikten nanofiber üretilir. Mekanik özelliklerinden dolayı santrifüj kuvvetleri ile pnömatik sistemlerin verimliliği elektrospinning üretim verimliliğine göre çok daha fazladır [35]. Nanofiber üretim teknikleri; çizme yöntemi, faz ayırma, kendiliğinden tutunma, kimyasal buhar biriktirme yöntemi, nano-kalıp, eriyik püskürtme, lazer buharlaştırma, elektrospin (elektro eğirme) yöntemi olarak kategorize edilmektedir [45].

Az bir maliyet ile laboratuvar ortamında nanomalzeme üretimine imkan sağlayan yöntemlerin başında elektroüretim anlamı taşıyan electrospinning gelmektedir [44]. Elektroüretim nanoliflerin üretiminde sıkça tercih edilen yöntemdir [46]. Bu yöntemin avantajları; laboratuvar ortamı üretimleri için kurulumunun basit ve maliyetinin düşük olmasıdır. Dezavantajları ise endüstriyel alanda üretim hızlarının düşük kalması, yüksek elektrik alan ihtiyacı nedeniyle güvenlik tehlikesi taşıması ve çevresel etkenlere bağımlı olmasıdır [47]. Belirtilen problemleri minimize edebilmek için hem elektroüretim yönteminin revize edilmesi [49, 55] hem de alternatif tekniklerin açığa çıkarılması [48] için bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Elektroçekim yöntemine duyulan bilimsel ve sektörel alakanın artması; doğal ve sentetik polimer familyası ile kolay ve verimli nanolif üretimine olanak sağlamasından kaynaklıdır [33].

Çözeltiden üfleme, termoplastik polimerlerden dokunmamış materyal üretmek için kullanılan köklü bir teknolojidir. Bu metotta basınçlı gaz/hava, elektriksel kuvvetle yer değiştirmiştir. Çözüm üfleme üretim hızının, elektroüretim hızına oranı yaklaşık 30 kattır [50]. Çözelti üfleme metodunda; düze vasıtası ile dış kanaldan sıkıştırılmış hava verilirken iç kanaldan polimer solüsyonu verilir. Düzeden bırakılan polimer çözeltisi, toplayıcı

dokumasız yüzeye pnomatik jet kuvvetlerle gönderildiği aşamada incelik. Toplayıcı dokumasız yüzeye ilerleyen solüsyon içerisindeki çözücünün uzaklaşması ile beraber nanolifler oluşmaktadır. Bu tekniğin tüm olumlu yönlerine rağmen biyoloji ve tıp alanlarında kullanımıyla ilgili akademik çalışmalar sınırlı sayıdadır [51].

Akademik tercih edilebilirliği ve laboratuvar ortamına uyarlanabilirliği sebebiyle elektro üfleme (electro blowing) yöntemi ile hızla ön plana çıkmakta olan ve bilimsel anlamda çalışmalara yer verilmesi gereken çözümlü üfleme (solution blowing) yöntemi materyal üretim aşamasında tercih edilen iki tekniktir. Laboratuvar ortam parametreleri; nem, atmosfer tipi, basınç ve ortam sıcaklığıdır [52].

Ağırlıkça %14 konsantrasyon oranında (Resim 3.4.1.) oluşturulan PA 6, formik asitle 60°C'de yaklaşık 16 saat manyetik karıştırıcıyla karıştırılması sonucu homojen olarak çözülmüştür. Manyetik karıştırıcı hızı 300 rpm'dir. Tamamen homojen bir çözelti elde edilmiştir, hiçbir partikül gözlemlenmemiştir.



Resim 3.4.1. %14 oranında PA 6 solüsyonu

Hazırlanan solüsyonun üretim öncesi viskozimetre ile yapılan ölçümde viskozite (yarı sıvıllık) değeri %16 wt ölçülmüştür (Resim 3.4.2.). Viskozimetre ölçümünde, 100 rpm hızıyla dönmekte olan r4 çaplı mil (spindle) kullanılmaktadır. Alpha serisi viskozimetre cihazı için çıkan yüzde değeri 13 ve üzerinde olmalıdır. Ölçülen değerlerin %16 wt olması çalışmanın güvenilirliği açısından önemlidir.



Resim 3.4.2. Solüsyon viskozite ölçümü

1 gr/m² PA nanolif kaplama işlemi için İTÜ TEMAG Laboratuvarı'nda iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Nanolif üretimi için ilk olarak solution blowing ardından electro blowing tekniği kullanılmıştır. Her iki metotla üretim yapılırken laboratuvar ortamının aşağıda belirtilen parametreleri taşımaya dikkat edilmiştir:

Çizelge 3.4.1. Nanolif üretim aktivasyon değerleri

Aktivasyon	Değer
Koleksiyoner Birim Dönme (Kollektör) Hızı	200
Konsol (Sağ-Sol) Hareket Hızı	30
Hava Basıncı	0,3 bar
Şırınga Besleme Hızı	5 mL/sn
Üretim Süresi	5 dk
Toplayıcı Yüzey Alanı Uzaklığı	30 cm
Şırınga Hacmi	20ml
İğne Çapı	0,44 mm

1 m² yüzey alanına 1 gr kaplama tasarlanmıştır. Kullanılan yüzey alanı ölçüleri 20cmx30cm (0,06 m²) olduğundan dolayı dokumasız yüzey (poliprobilen nonwoven)de 0,06 gr lif toplama yapılması gerekmektedir.

$$100*100 \text{ cm}^2 \quad 1 \text{ gr}$$

$$\frac{20*30 \text{ cm}^2}{X}$$

$$X = 0,06 \text{ gr}$$

1 gr/m² PA6 nanolif kaplama yapılabilmesi için gerekli üretim süresi aşağıdaki denklem ile hesaplanmış olup yaklaşık 5dk olduğu formülize edilmiştir.

$$\text{GSM (gr/m}^2\text{)} = \frac{\text{Üretim Süresi (dk)} * \text{Besleme Hızı} \frac{\text{mL}}{\text{Saat}} * \text{Konsantrasyon Değeri}}{\text{Yüzey Alanı (m}^2\text{)}}$$

$$1 \text{ gr/m}^2 = \frac{t * 5 * \frac{1}{60} * 0,14}{0,06}$$

$$t = 5,14 \text{ dk}$$

Nanolif üretimi öncesi toplayıcı dokumasız yüzeyin ağırlığı hassas terazi ile ölçülerek not edilmiştir. Belirlenen süre doğrultusunda üretim yapılarak toplayıcı yüzeyin ağırlığı tekrar tartılmıştır. Ölçülen ilk değer ile ikinci değer arasındaki fark alınarak dokumasız yüzeyde toplanan nanolif miktarı hesaplanmıştır.



Resim 3.4.3. Nanolif ölçümü için kullanılan hassas terazi

Poliamid çözeltisi 20 mL hacme sahip şırıngalar içine aktarılarak üretim yapılmıştır. Besleyici ünite (nozzle) çapından ziyade iğne çapı diğer bir ifadeyle solüsyonun çıktığı nokta önem taşımaktadır. İğne çapı 0,44 mm'dir.

Çözeltiden üfleme (solution blowing) ve elektro üfleme (electro blowing) yöntemleri ile dokumasız yüzey kumaşları üzerinde nanolif toplama işlemi yapılarak üretim metotları farklı iki ürün ortaya konulmuştur. Çalışmada solution blowing ile üretilen ürün “SB”, electro blowing “EB” kodu ile tanımlanmıştır.

SB ve EB ile üretilen numunelerin filtrasyon testleri otomatik filtre test cihazı ile hava geçirgenliği testleri hava permeabilite test cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen iki farklı numuneye, kendi içlerinde değerlendirme yapılmak üzere üç aşamalı ölçüm testi uygulanmıştır. İlk adımda numuneler, yüzeyleri bir kat olacak şekilde filtrasyon ve hava geçirgenliği testlerine tabi tutulmuştur. İkinci adımda numunelerin yüzeyleri orantısal katlanıp iki kat olacak şekilde filtrasyon ve hava geçirgenliği testlerine tabi tutulmuştur. Son adımda, numunelerin yüzeyleri eşit oranda katlanarak üç kat olacak şekilde filtrasyon ve hava geçirgenliği testlerine tabi tutulmuştur. Ulaşılan değerlere araştırmanın bulgular kısmında detaylı bir şekilde değinilmiştir.

Numunelerin SEM görüntüleri, tek katlı olacak şekilde alınıp lif morfolojik incelemeleri yapılmıştır. Nanoliflerin morfolojik iç yapı görüntüleri; Tescan VEGA3 markalı sistem kullanılıp SEM görüntüleri 10 kV’ta 1 ila 30 kx büyütme alınarak çıkarılır.

Üretilen nanoliflerin kalınlıkları, 3 kat üst üste bindirilmiş bir şekilde dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür.

İncelemenin ikinci kısmını piyasadan temin edilen iki farklı markaya ait endüstriyel toz maskelerinin laboratuvar testleri oluşturmaktadır. Ticari anlamda kalite ve güvenilirliği ile ismi ön planda olan firmanın ventilli ve ventilsiz olma özelliğine sahip iki ayrı toz maskesi filtrasyon ve hava geçirgenliği testlerinden geçirilmiştir. Bu firmaya ait ürünler çalışmada “X” harfiyle tanımlanmıştır ($X_{ventilsiz}$, $X_{ventilli}$) (Resim 3.4.4., Resim 3.4.5.) Ekonomik oluşu sebebiyle piyasada yaygın olan bir diğer firmanın ventilli toz maskesi “ $Y_{ventilli}$ ” harfiyle (Resim 3.4.6.) tanımlanarak filtrasyon ve hava geçirgenliği testlerinden geçirilmiştir. Bu testler otomatik filtre test cihazı ve hava permeabilite test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Endüstriyel toz maskeleri, işlem aşamalarını birbirinden farklı özellikler taşıyan tamamlamış çok katmanlı ürünlerdir. Nanolif yapı malzemeler olmayıp kalın yapılardır. Endüstriyel toz maskeleri çok katmanlı numuneler olması sebebiyle yüzey görüntüleri

sağlıklı sonuçlar vermeyecektir. Doğru bilgilere ulaşlamayacağı için SEM karakterizasyonu yapılamamıştır.

Endüstriyel toz maskelerinden alınan kesitlerin kalınlıkları dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür.



Resim 3.4.4. Endüstriyel üretim ventilsiz toz maskesi ($X_{ventilsiz}$)



Resim 3.4.5. Endüstriyel üretim ventilli toz maskesi ($X_{ventilli}$)



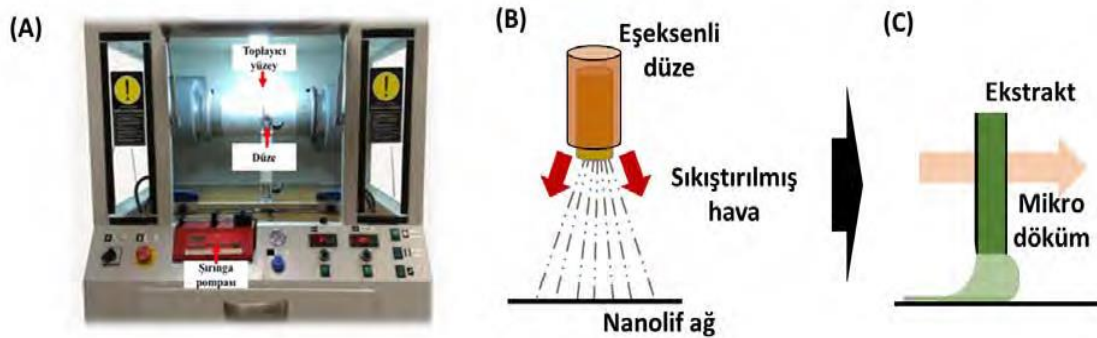
Resim 3.4.6. Endüstriyel üretim ventilli toz maskesi ($Y_{ventilli}$)

3.4.1. Solution Blowing

Aerospinner (Şekil 3.4.1.1) laboratuvar ölçekli çözelti üfleme cihazında gündelik üfleme yöntemi ile nanolifler üretilmiştir. Aerospinner cihaz sistemi; toplayıcı yüzey, pnömatik hava sistemi, düze ile şırınga pompasından meydana gelmektedir [51].

Laboratuvar ortam şartlarında polimer solüsyonuyla; şırınga pompası ile hızı 20 ml/h, hava basıncı 0,3 bar olacak şekilde eşksenli düzede toplanarak yaklaşık uzaklığı 30 cm olan toplayıcı dokumasız yüzey kumaşa lif kaplaması yapılmıştır.

Toplayıcı yüzey için kullandığımız malzemenin üretim öncesi ağırlığı 0,957 gr'dır. Aerospinner laboratuvar ölçekli çözelti üfleme ile yaptığımız üretim sonucu toplayıcı yüzey alanın ağırlığı 1,01036 gr tartılmıştır. Üretim öncesi ağırlığı ile farkı alındığında dokumasız yüzey kumaşında 0,05336 gr'lık lif toplandığı görülmektedir.



Resim 3.4.1.1. Aerospinner cihaz işleyişi

Şekilde gösterilen sınıflandırmada; (A) simgesi laboratuvar ölçekli çözüm üfleme cihazını, (B) simgesi eriyikten üfleme sistem şemasını, (C) simgesi mikrodöküm ile ekstrakt çözelti kaplamasını sembolize etmektedir.

Çözelti üfleme cihazı ile gündelik üfleme yöntemi uygulanarak üretilen dokumasız yüzey üzerindeki nanolif görüntüleri aşağıda verilmiştir.



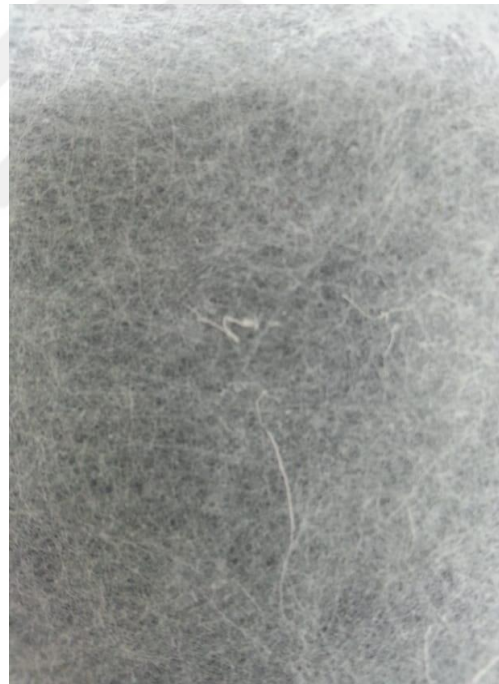
(a)



(b)



(c)



(d)

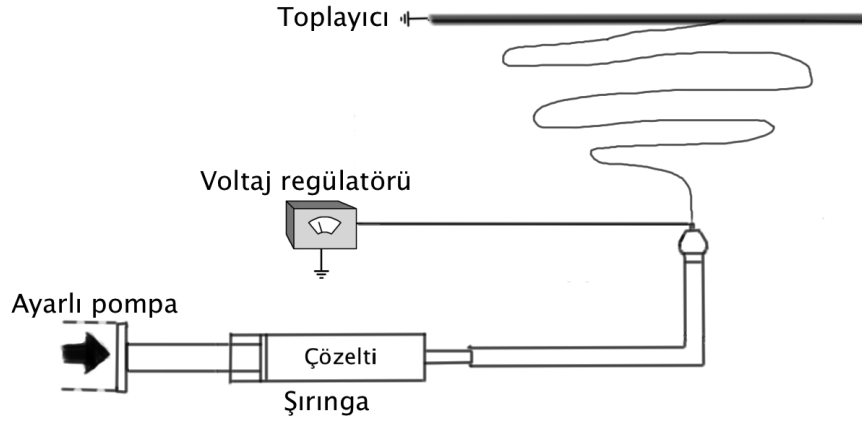
Resim 3.4.1.2. Çözüm üfleme ile üretilen nanolif

3.4.2. Elektro Blowing

Laboratuvar ortam şartlarında polimer solüsyonuyla; şırınga pompası ile hızı 20 ml/h, hava basıncı 0,3 bar olacak şekilde eşksenli düzede toplanarak yaklaşık uzaklığı 30 cm olan toplayıcı dokumasız yüzey kumaşta lif kaplaması yapılmıştır.

Elektrospinner laboratuvar ölçekli elektro üfleme cihazında üretim esnasında 10 kV elektrik kullanılarak nanolifler üretilmiştir. Doğru akımdan (DC) faydalanılmıştır. Elektrospinner cihaz sistemi şekilde verilmiştir (Şekil 3.4.2.1).

Toplayıcı yüzey için kullandığımız malzemenin üretim öncesi ağırlığı 0,947 gr'dır. Elektrospinner laboratuvar ölçekli elektro üfleme ile yaptığımız üretim sonucu toplayıcı yüzey alanın ağırlığı 0,9898 gr tartılmıştır. Üretim öncesi ağırlığı ile farkı alındığında dokumasız yüzey kumaşında 0,0428 gr'lık lif toplandığı görülmektedir.



Resim 3.4.2.1. Elektro üretim prosesinin çizimsel gösterimi

Elektro üfleme cihazı ile üretilen dokumasız yüzey üzerindeki nanolif görüntüleri aşağıda verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Resim 3.4.2.2. Elektro üfleme ile üretilen nanolif

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Nanolif ile Üretilen Toz Maskenin Ölçümleri

4.1.1. Solution Blowing ile Filtrasyon Bulguları

Solution blowing yöntemi ile üretilen nanoliflerin filtrasyon ölçümleri “Otomatik Filtre Test Cihazı Model 8130A” cihazı ile yapılmıştır. Bu cihaz ile yapılan testlerde verimlilik oranına, penetration ekranında ölçülen etki değerinin yüz üzerinden farkı alınması ile ulaşılr.

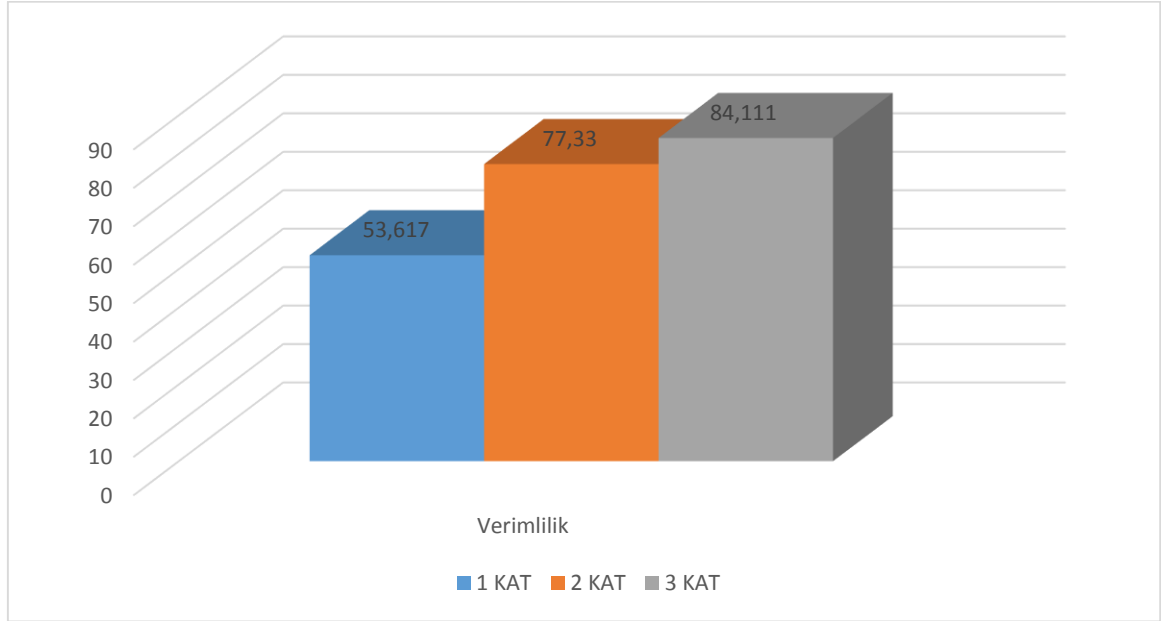
Çözelti üfleme üretim tekniği ile nanolif oluşturduktan sonra numune, ilk adımda bir kat olacak şekilde teste tabi tutulan yüzey alanları her defasında değiştirilerek üç kez filtrasyon testinden geçirilmiştir. İkinci adımda numune, iki kat olacak şekilde orantısal katlanıp teste tabi tutulan yüzey alanları her defasında değiştirilerek iki kez filtrasyon testinden geçirilmiştir. Son adımda numune yüzeyi üç kat olacak şekilde eşit oranda katlanıp filtrasyon testinden geçirilmiştir. Üç aşamada elde edilen bulgular kayıt altına alınmıştır. Üç kat numune kalınlığı 0,40 mm’dir.

SB İle Üretilen Numune	1 KAT			2 KAT		3 KAT
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	1. Ölçüm	2. Ölçüm	1. Ölçüm
Flow Rate (Akış Hızı)	32,1	32,1	32,2	32,1	32,1	32,2
Pressure (Basınç)	0,4	0,7	0,6	1,7	1,7	2,4
Penetration (Etki)	47,506	46,646	44,999	22,984	22,271	15,889

Çizelge 4.1.1.1. Solution blowing ile üretilen numune filtrasyon değerleri

Solution blowing ile üretilen numune bir kat yüzey alanı ile filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri birinci ölçümde 47,506, ikinci ölçümde 46,646, üçüncü ölçümde 44,999 olarak bulunmuş olup ortalama etki değeri 46,383, verimlilik oranı 53,617’dir. Orantısal bir şekilde iki kat katlanan numune filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri birinci ölçümde 22,984, ikinci ölçümde 22,271 olarak bulunmuş olup ortalama etki

değeri 22,627, verimlilik oranı 77,33'tür. Eşit oranda üç kat olacak şekilde katlanan numune filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri 15,889, verimlilik oranı 84,111 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin grafiksel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.1.1.1. Solution blowing ile üretilen numune verimlilik değerleri

4.1.2. Solution Blowing ile Hava Geçirgenliği Bulguları

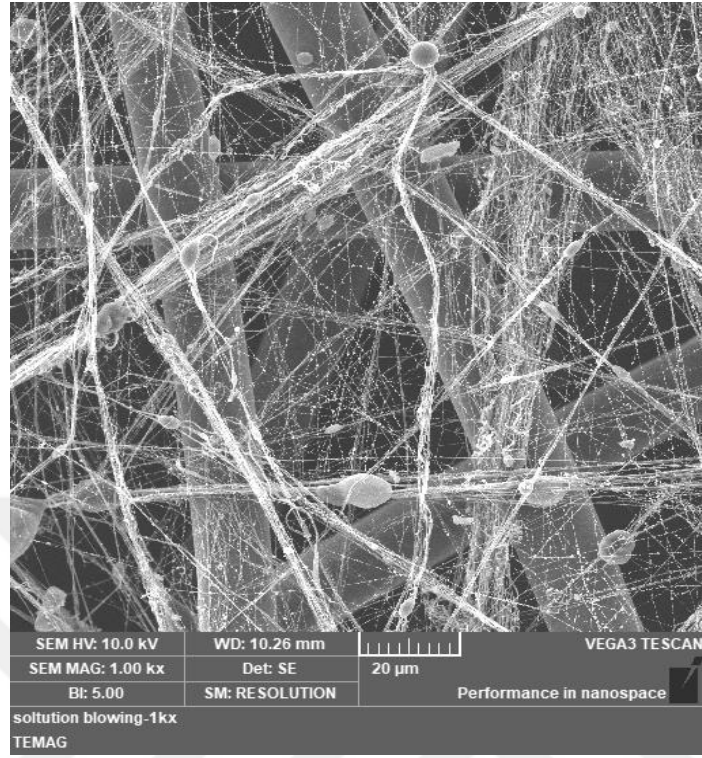
Hava geçirgenliği değerleri ASTM D737 cihazı kullanılarak ortam şartları 22,4°C sıcaklıkta 125 Pa basınç ile 38 cm² yüzey alanı standardına göre elde edilmiştir.

Çizelge 4.1.2.1. Solution blowing ile üretilen numune hava geçirgenliği değerleri

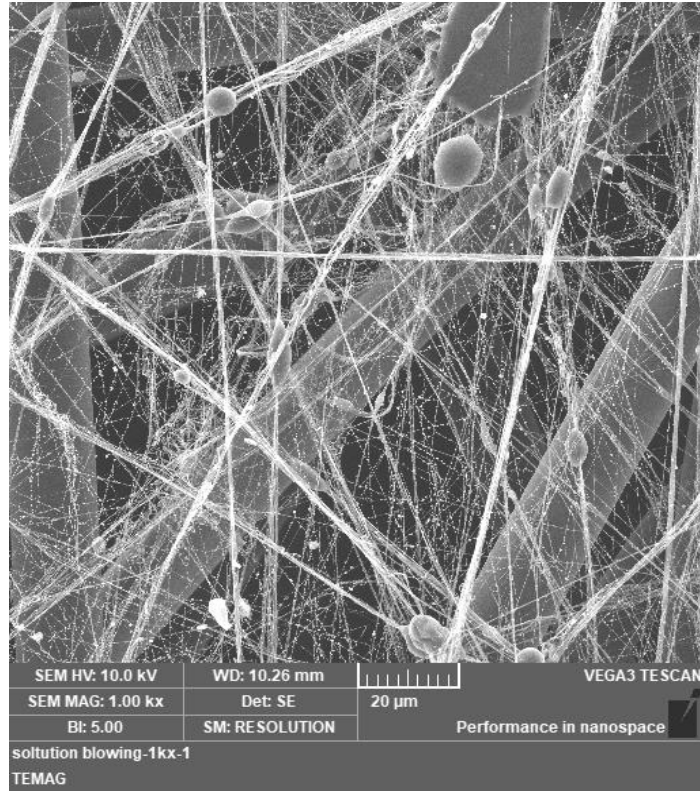
Kat Sayısı	SB İle Üretilen Numune
1 Kat	134 cfm
2 Kat	124 cfm
3 Kat	117 cfm

Solution blowing ile üretilen numune bir kat yüzey alanı ile hava geçirgenliği testine tabi tutulduğunda hava geçirgenlik değeri 134 cfm, yüzey alanı iki kat olarak test edildiğinde hava geçirgenlik değeri 124 cfm, yüzey alanı üç kat olarak test edildiğinde hava geçirgenlik değeri 117 cfm ölçülmüştür.

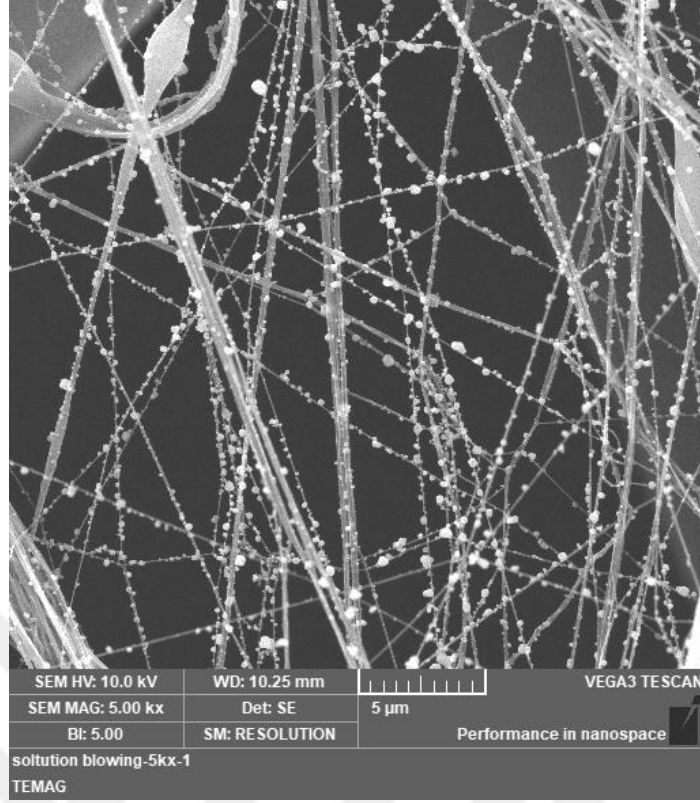
4.1.3. Solution Blowing ile Sem Bulguları



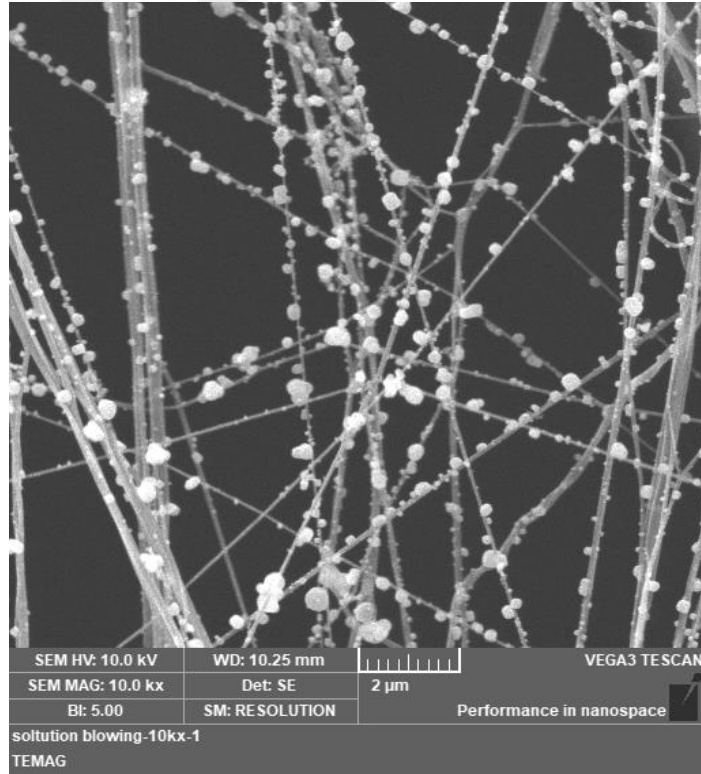
Resim 4.1.3.1. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 1 kx büyütmelemlerde alınan SEM görüntüleri



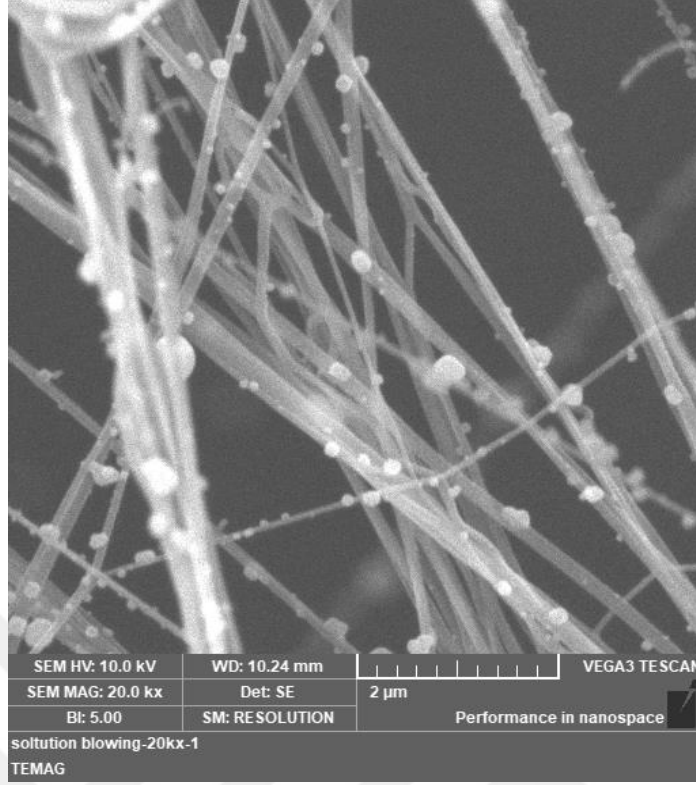
Resim 4.1.3.2. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 1 kx büyütmelemlerde alınan SEM görüntüleri



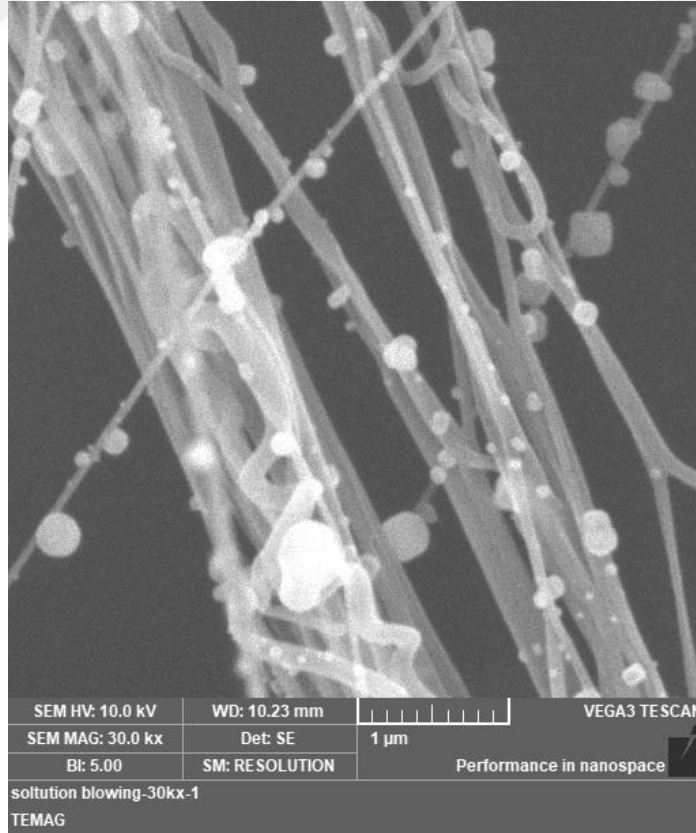
Resim 4.1.3.3. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 5 kx büyütmelerde alınan SEM görüntüleri



Resim 4.1.3.4. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 10 kx büyütmelerde alınan SEM görüntüleri



Resim 4.1.3.5. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 20 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri



Resim 4.1.3.6. Çözüm üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 30 kx büyütmelede alınan SEM görüntüleri

4.1.4. Electro Blowing ile Filtrasyon Bulguları

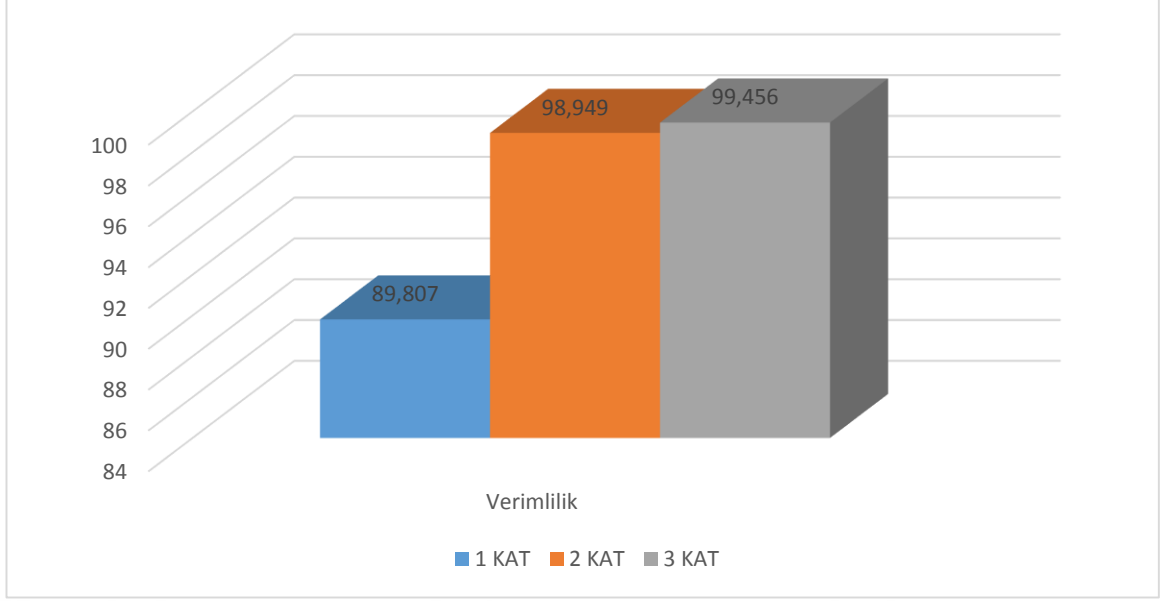
Electro blowing yöntemi ile üretilen nanoliflerin filtrasyon ölçümleri “Otomatik Filtre Test Cihazı Model 8130A” cihazı ile yapılmıştır. Bu cihaz ile yapılan testlerde verimlilik oranına, penetration ekranında ölçülen etki değerinin yüz üzerinden farkı alınması ile ulaşılır.

Elektro üfleme üretim tekniği ile nanolif oluşturduktan sonra numune, ilk adımda bir kat olacak şekilde teste tabi tutulan yüzey alanları her defasında değiştirilerek üç kez filtrasyon testinden geçirilmiştir. İkinci adımda numune, iki kat olacak şekilde orantısız katlanıp teste tabi tutulan yüzey alanları her defasında değiştirilerek iki kez filtrasyon testinden geçirilmiştir. Son adımda numune yüzeyi üç kat olacak şekilde eşit oranda katlanıp filtrasyon testinden geçirilmiştir. Üç aşamada elde edilen bulgular kayıt altına alınmıştır. Üç kat numune kalınlığı 0,30 mm’dir.

Çizelge 4.1.4.1. Electro blowing ile üretilen numune filtrasyon değerleri

EB İle Üretilen Numune	1 KAT			2 KAT			3 KAT
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	1. Ölçüm
Flow Rate (Akış Hızı)	32	32,1	32,2	32,2	32,1	32,2	32,2
Pressure (Basınç)	3,7	4,1	3,9	8,5	9,4	9,4	11,9
Penetration (Etki)	9,845	9,746	10,989	1,186	0,965	1,002	0,544

Electro blowing ile üretilen numune bir kat yüzey alanı ile filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri birinci ölçümde 9,845, ikinci ölçümde 9,746, üçüncü ölçümde 10,989 olarak bulunmuş olup ortalama etki değeri 10,193, verimlilik oranı 89,807’dir. Orantısız bir şekilde iki kat katlanan numune filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri birinci ölçümde 1,186, ikinci ölçümde 0,965, üçüncü ölçümde 1,002 olarak bulunmuş olup ortalama etki değeri 1,051, verimlilik oranı 98,949’dur. Eşit oranda üç kat olacak şekilde katlanan numune filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri 0,544, verimlilik oranı 99,456 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin grafiksel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.1.4.1. Electro blowing ile üretilen numune verimlilik değerleri

4.1.5. Electro Blowing ile Hava Geçirgenliği Bulguları

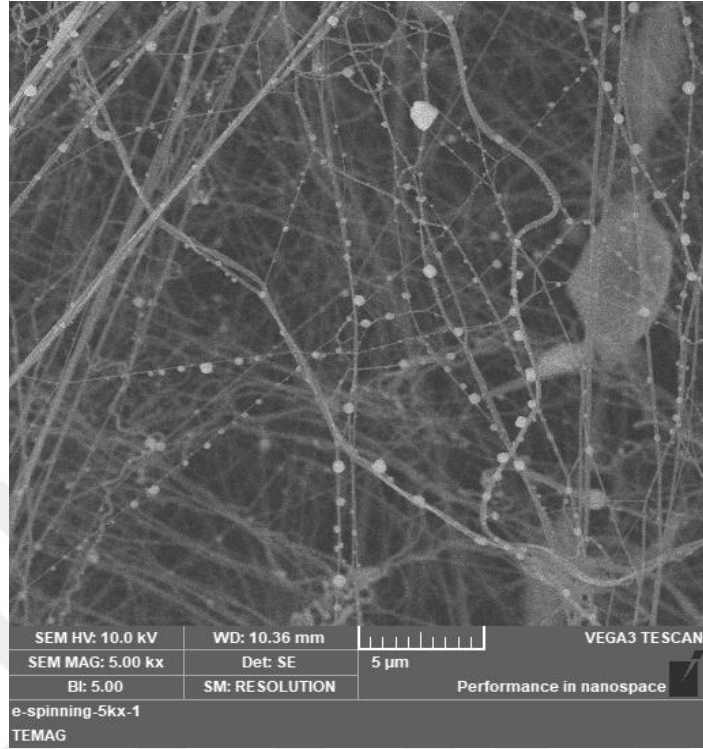
Hava geçirgenliği değerleri ASTM D737 cihazı kullanılarak ortam şartları 22,4°C sıcaklıkta 125 Pa basınç ile 38 cm² yüzey alanı standardına göre elde edilmiştir.

Çizelge 4.1.5.1. Electro blowing ile üretilen numune verimlilik değerleri

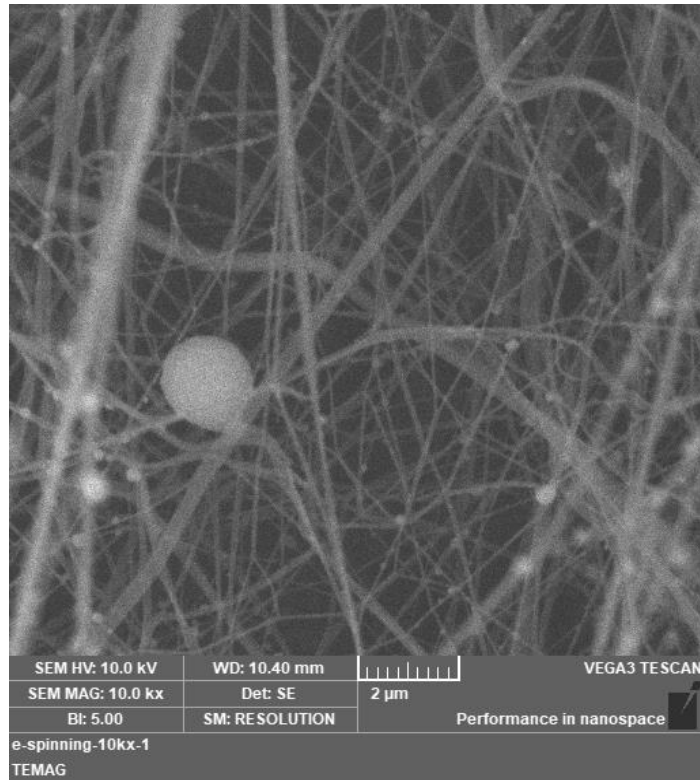
Kat Sayısı	EB İle Üretilen Numune
1 Kat	33 cfm
2 Kat	30 cfm
3 Kat	30 cfm

Electro blowing ile üretilen numune bir kat yüzey alanı ile hava geçirgenliği testine tabi tutulduğunda hava geçirgenlik değeri 33 cfm, yüzey alanı iki kat olarak test edildiğinde hava geçirgenlik değeri 30 cfm, yüzey alanı üç kat olarak test edildiğinde hava geçirgenlik değeri 30 cfm ölçülmüştür.

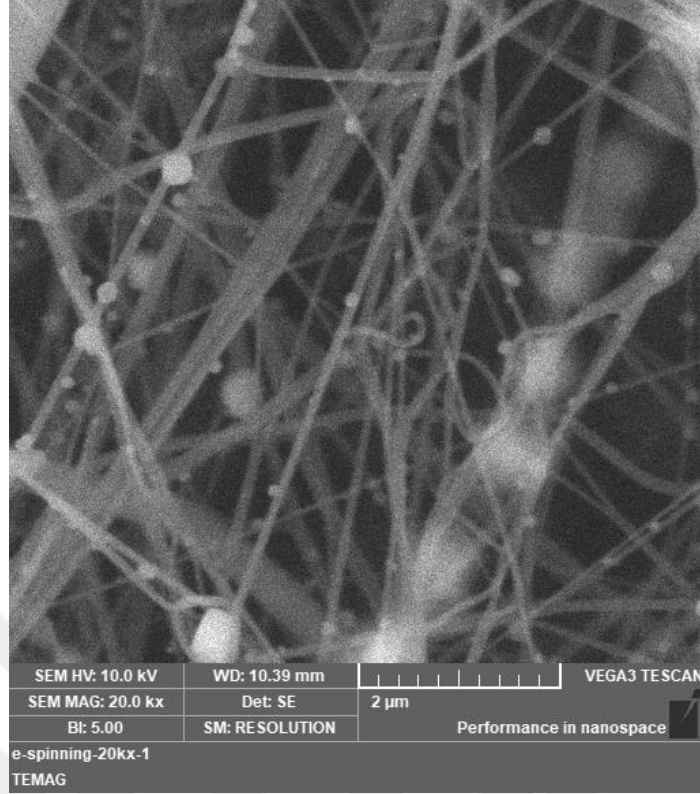
4.1.6. Electro Blowing ile Sem Bulguları



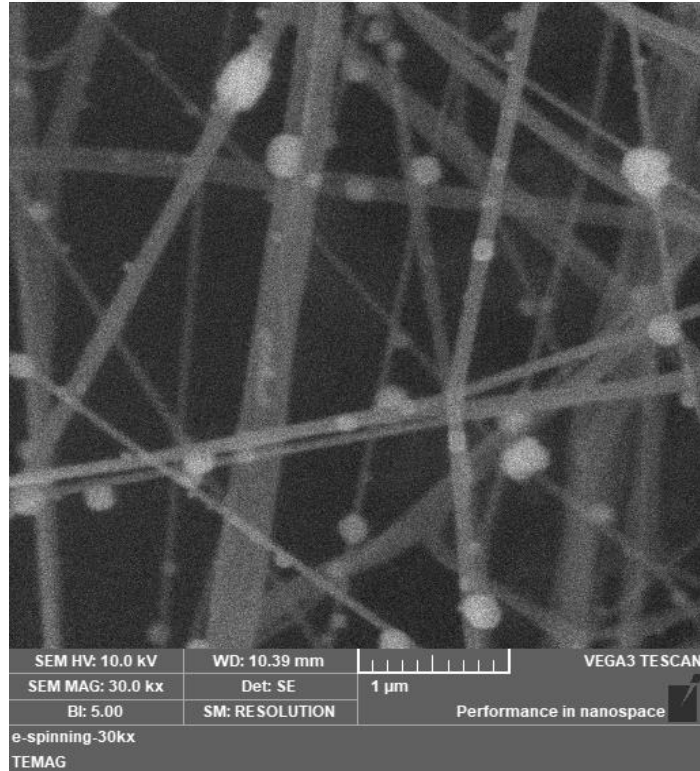
Resim 4.1.6. 1. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 5 kx büyütmelemlerde alınan SEM görüntüleri



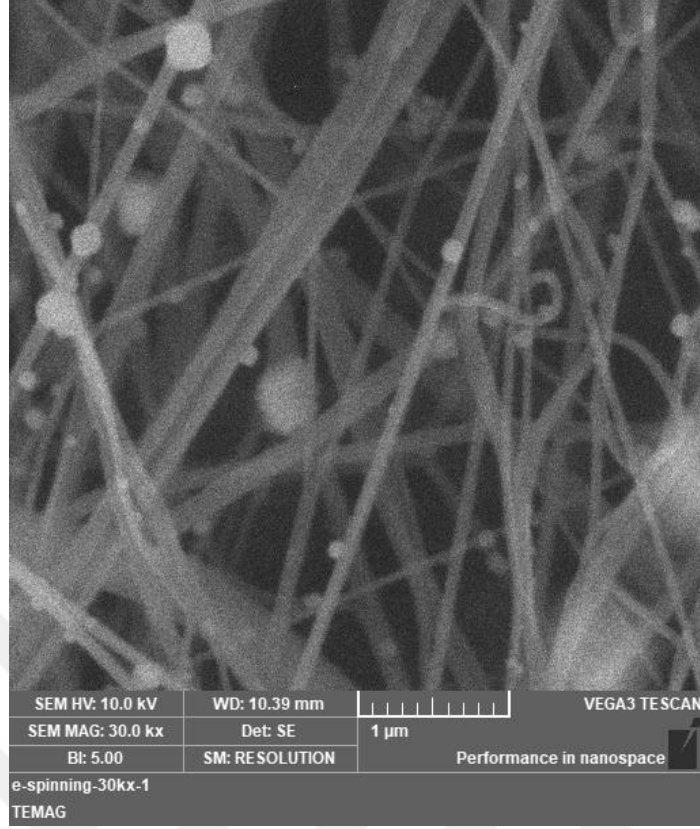
Resim 4.1.6.2. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 10 kx büyütmelemlerde alınan SEM görüntüleri



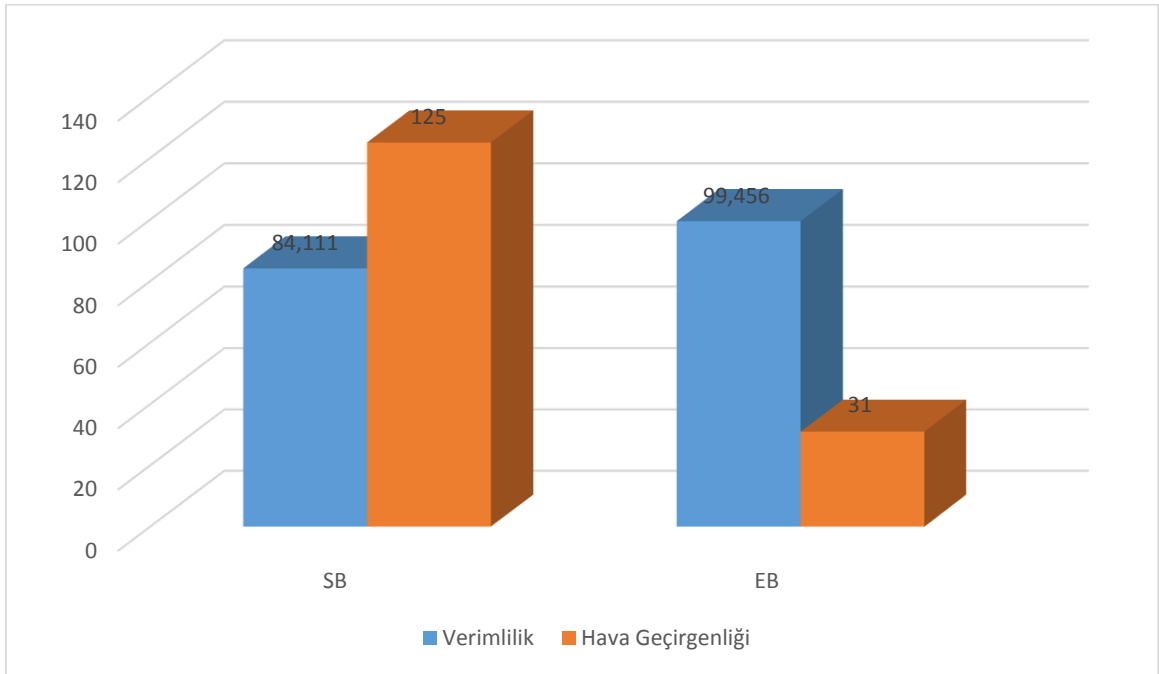
Resim 4.1.6.3. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 20 kx büyütmelerde alınan SEM görüntüleri



Resim 4.1.6.4. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 30 kx büyütmelerde alınan SEM görüntüleri



Resim 4.1.6.5. Elektro üfleme ile üretilen nanolifin 10 kV'ta 30 kx büyütmelerde alınan SEM görüntüleri



Şekil 4.1.6.1. Çözüm üfleme ve elektro üfleme ile üretilen numunelerin verimlilik ile hava geçirgenliği kıyası

4.2. Endüstriyel Üretim Toz Maskesinin Ölçümleri

Çalışma için temin edilen toz maskelerinden; kalitesi ile piyasanın öncü markaları arasında yer alan firmanın malzemesi X ismi ile fiyat uygunluğu sebebiyle günlük kullanımı yaygın bir başka firmanın malzemesi Y adı ile ifade edilmiştir. X ürünü kendi içerisinde ventilli ve ventilsiz olmak üzere sınıflandırılırken Y ürünü ventilli olacak şekilde testlere tabi tutulmuştur.

4.2.1. Endüstriyel Üretim Toz Maskeleri Filtrasyon Bulguları

Endüstriyel üretim toz maskelerinin filtrasyon ölçümleri “Otomatik Filtre Test Cihazı Model 8130A” cihazı ile yapılmıştır. Bu cihaz ile yapılan testlerde verimlilik oranına, penetration ekranında ölçülen etki değerinin yüz üzerinden farkı alınması ile ulaşılr.

İlk adımda X firmasına ait ventilsiz toz maskesi filtrasyon testinden geçirilmiştir. Ardından aynı firmaya ait ventilli toz maskesi filtrasyon testine tabi tutulmuştur. Son olarak Y firmasına ait ventilli toz maskesine filtrasyon testi uygulanmıştır.

Üç farklı toz maskesinden kesit alınarak kalınlıkları dijital kumpas ile ölçülmüştür. $X_{ventilsiz}$ numune kalınlığı 2,80 mm, $X_{ventilli}$ numune kalınlığı 1,70 mm, $Y_{ventilli}$ numune kalınlığı 2,30 mm'dir.

Çizelge 4.2.1.1. Endüstriyel üretim numunelerin filtrasyon değerleri

Filtrasyon	X (Ventilsiz)	X (Ventilli)	Y (Ventilli)
Flow Rate (Akış Hızı)	32,35	32,4	32,3
Pressure (Basınç)	3,25	3	7
Penetration (Etki)	0,667	5,093	39,182

$X_{ventilsiz}$ filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri 0,667, verimlilik oranı 99,333 olarak bulunmuştur. $X_{ventilli}$ filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri 5,093, verimlilik oranı 94,907 olarak bulunmuştur. $Y_{ventilli}$ filtrasyon testine tabi tutulduğunda etki değeri 39,182, verimlilik oranı 60,818 olarak bulunmuştur.

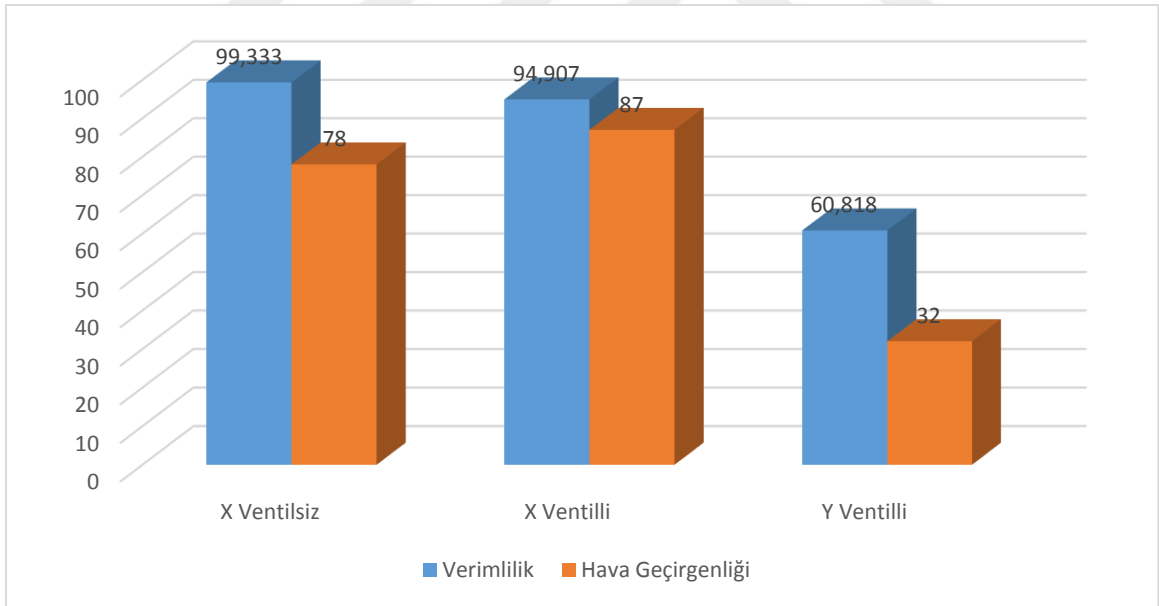
4.2.2. Endüstriyel Üretim Toz Maskeleri Hava Geçirgenliği Bulguları

Endüstriyel üretim üç farklı toz maskesinin hava geçirgenlik değerleri, ASTM D737 cihazından faydalanılarak ortam şartları 22,9°C sıcaklıkta 125 Pa basınç ile 38 cm² yüzey alanı standardına göre elde edilmiştir.

Çizelge 4.2.2.1. Endüstriyel üretim numunelerin hava geçirgenliği değerleri

Ürün	Hava Geçirgenliği
X (Ventilsiz)	78 cfm
X (Ventilli)	87 cfm
Y (Ventilli)	32 cfm

Endüstriyel üretim toz maskelerine hava geçirgenliği testi uygulandığında; X_{ventilsiz} hava geçirgenlik değeri 78 cfm, X_{ventilli} hava geçirgenlik değeri 87 cfm, Y_{ventilli} hava geçirgenlik değeri 32 cfm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.2.2.1. Endüstriyel üretim numunelerin verimlilik ile hava geçirgenliği kıyası

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye’de ivmesi yükselmekte olan İSG ile nanoteknolojinin sentezlendiği bu çalışmada; akademik ve sektörel alanda eksikliklerin olduğu yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. Piyasada nanomalzeme ile üretilen hiçbir solunum koruyucu donanıma rastlanılmaması bunun en çarpıcı örneğidir. Yapılan araştırmada; üretiminde kısmi olarak nanoteknoloji kullanıldığı belirtilen ürünlerin sadece antibakteriyel özelliğe sahip olduğu görülmüştür.

Çalışmada; electro blowing ile üretilen nanolif görüntülerinin solution blowing ile üretilmiş nanolif görüntülerine kıyasla dokuma kumaş benzeri izlenim vermesi toplayıcıda elektrik olmasından ileri gelmektedir. Lifler elektriğin yoğun olduğu alanlarda birikerek dokumasız yüzey kumaşı üzerinde toplayıcının desenini almaktadır.

Laboratuvar şartlarında nanolif üretimleri için polimer solüsyonu belirli bir konsantrasyona sahip olmalıdır. Konsantrasyon değeri azaldıkça yüzey gerilimi sebebiyle damlacık oluşumu artarken konsantrasyon değeri arttıkça yüksek viskozite sebebiyle lif oluşumu zorlaşır [53]. Laboratuvar bulgularında EB yöntemi ile nanolif üretim aşamasında toplanan yüzeyde damlacık oluşmazken SB yöntemi ile üretim sırasında az da olsa damlacık oluşumu gözlemlenmiştir.

Solution blowing tekniği kullanılıp elde edilen lif ağırlığı 0,05336 gr olan nanolifler, üç adımda filtrasyon testinden geçirilmiştir. İlk adımda dokumasız yüzeyi tek kat alınıp test edildiğinde verimlilik oranı ortalama %53,617, yüzey iki kat alındığında ortalama %77,33 ve toplama yüzeyi üç kat katlandığında verimlilik oranı %84,111 olarak gözlemlenmiştir. Filtrasyon testi etki değerleri, nanoliflerin toplandığı yüzey alanlarının katman sayısı ile ters orantı gösterirken verimlilik oranları ile doğrusal bir artış sergilemektedir.

Electro blowing tekniği kullanılıp elde edilen lif ağırlığı 0,0428 gr olan nanolifler aynı aşamalar uygulanarak filtrasyon testinden geçirilmiştir. İlk adımda dokumasız yüzeyi tek kat alınıp test edildiğinde verimlilik oranı ortalama %89,807, yüzey iki kat alındığında

ortalama 98,949 ve toplama yüzeyi üç kat katlandığında verimlilik oranı %99,456 olarak gözlemlenmiştir. Nanoliflerin toplandığı yüzey alanlarının katman sayısı arttıkça filtre verimlilik oranları yükselmektedir. SB ile üretilen numunenin üç kat kalınlığı 0,40mm iken EB ile üretilen numunenin üç katlı kalınlığı 0,30 mm'dir. Solution blowing yöntemiyle dokumasız yüzeyde toplanılan nanolifler üç katlı hali (0,40mm) ile baza alındığında filtrasyon verimliliği %84,111 olarak tespit edilirken electro blowing yöntemiyle dokumasız yüzeyde toplanılan nanolifler üç katlı hali (0,30mm) baza alındığında filtrasyon testi verimlilik oranı %99,456 olarak tespit edilmiştir. Elektro üfleme ile çözüm üfleme arasındaki filtre verimlilik farkı; lif çapı ile liflerin daha düzgün toplanması etkenlerine bağlıdır.

Solution blowing ve electro blowing teknikleri ile üretilen iki numune; ASTM D737 cihazı kullanılarak 22,4°C ortam sıcaklığında 125 Pa basınç, 38 cm² yüzey alanı standardına göre hava geçirgenliği testine tabi tutulmuştur. SB tekniği kullanılıp üretilen nanolif; ilk adımda dokumasız yüzeyi tek kat alınıp test edildiğinde hava geçirgenliği değeri 134 cfm, yüzey iki kat alındığında 124 cfm ve toplama yüzeyi üç kat katlandığında hava geçirgenliği değeri 117 cfm olarak ölçülmüştür. Hava geçirgenlikleri, lif yüzey katları arttıkça düşüş göstermiştir. EB tekniği kullanılıp üretilen nanolif; ilk adımda dokumasız yüzeyi tek kat alınıp test edildiğinde hava geçirgenliği değeri 33 cfm, yüzey iki kat alındığında 30 cfm ve toplama yüzeyi üç kat katlandığında hava geçirgenliği değeri 30 cfm olarak ölçülmüştür. Solution blowing yöntemiyle dokumasız yüzeyde toplanılan nanolifler üç katlı hali (0,40mm) ile baza alındığında hava geçirgenliği değeri 117 cfm olarak tespit edilirken electro blowing yöntemiyle dokumasız yüzeyde toplanılan nanolifler üç katlı hali (0,30mm) baza alındığında hava geçirgenliği değeri 30 cfm olarak tespit edilmiştir. EB numunesi sıkı ve homojen dokumasından dolayı kat farkı olmasına rağmen hava geçirgenliği değer sonuçlarında abes bir fark gözlemlenmemiştir.

SB ile yöntemiyle üretilen numune (üç katlı) filtrasyon etki değeri 15,889, verimlilik oranı %84,111 iken hava geçirgenliği 117 cfm'dir. EB ile yöntemiyle üretilen numune (üç katlı) filtrasyon etki değeri 0,544, verimlilik oranı %99,456 iken hava geçirgenliği 30 cfm'dir. Görüldüğü üzere SB ile üretilen numunenin verimlilik oranı, EB ile üretilen numune verimlilik oranına göre düşük değer gösterirken; hava geçirgenliği değeri daha yüksek çıkmıştır.

Araştırmada $X_{ventilsiz}$, $X_{ventilli}$, $Y_{ventilli}$ olarak ifade edilen endüstriyel üretim üç farklı toz maskesi filtrasyon testinden geçirilmiştir. Kalınlığı 2,80 mm olan $X_{ventilsiz}$ filtrasyon

etki değeri 0,667 iken verimlilik oranı %99,333 olarak gözlemlenmiştir. Kalınlığı 1,70 mm olan $X_{ventilli}$ filtrasyon etki değeri 5,093 iken verimlilik oranı %94,907 olarak gözlemlenmiştir. Kalınlığı 2,30 mm olan $Y_{ventilli}$ filtrasyon etki değeri 39,182 iken verimlilik oranı %60,818 olarak gözlemlenmiştir. Endüstriyel üretim toz maskeleri kendi içlerinde irdelendiğinde; verimlilik oranı en yüksek $X_{ventilsiz}$ materyalinde tespit edilmiştir. Aynı firmaya ait ventilli malzemenin verimliliği ikinci sırada yer alırken bir diğer firmanın ürünü olan ventilli toz maskesi filtrasyon ölçümünde en az verimlilik oranı ile ortaya çıkmaktadır. Filtre testi etki değerine bağlı olarak hesaplanan verimlilik oranı, X firmasına ait ventilsiz toz maskesinin en iyi değerle kalite ve kullanım açısından önemini ortaya koymaktadır. İşyerlerinde kullanımı yaygın Y firmasına ait ventilli toz maskesi verimlilik oranının en düşük seviyede çıkması, çalışan sağlığı açısından güvenilirliğini tartışılır kılarken KKD seçiminin önemine dikkat çekmektedir.

$X_{ventilsiz}$, $X_{ventilli}$, $Y_{ventilli}$ ürünler; ASTM D737 cihazı kullanılarak 22,9°C ortam sıcaklığında 125 Pa basınç, 38 cm² yüzey alanı standardına göre hava geçirgenliği testine tabi tutulmuştur. Kalınlığı 2,80 mm olan $X_{ventilsiz}$ hava geçirgenlik değeri 78 cfm olarak ölçülmüştür. Kalınlığı 1,70 mm olan $X_{ventilli}$ hava geçirgenlik değeri 87 cfm olarak ölçülmüştür. Kalınlığı 2,30 mm olan $Y_{ventilli}$ hava geçirgenlik değeri 32 cfm olarak ölçülmüştür. Ölçülen hava geçirgenliği değerleri mukayese edildiğinde; en iyi değeri $X_{ventilli}$ ürününün sergilediği, peşi sıra $X_{ventilsiz}$ ürününün geldiği ve en az hava geçirgenliğine $Y_{ventilli}$ ürününün sahip olduğu görülmektedir. X firması ürünü olan ventilli toz maskesinin hava geçirgenlik değerinin yüksek çıkması gayet başarılı bulunurken Y firmasına ait toz maskesi en düşük hava geçirgenlik değeri ile beklenenin aksi bir sonuç göstermiştir. Y firması toz maskesi ventilli olmasına rağmen her iki testte de (filtre verimlilik oranı ile hava geçirgenliği) en düşük değerlere sahip olması ile düşündürücü bir tablo sergilemiştir.

Bu çalışmada; endüstriyel üretim toz maskeleri ile laboratuvar ortamında nanomalzemedan üretimi yapılan toz maskeleri filtrasyon ve hava geçirgenlikleri yönünden mukayese edilmiştir. Yapılan incelemede, verimlilik oranı en yüksek çıkan numune electro blowing tekniği ile üretilen materyal olup değeri %99,456'dır. Bu orana en yakın değeri X firmasına ait ventilsiz toz maskesi %99,333 ile takip etmektedir. Yine aynı firmanın ventilli toz maskesi verimlilik oranı %94,907 ile üçüncü sırada yer alırken solution blowing yöntemi ile üretilen materyalin verimlilik oranı %84,111'dir. Y firması

ventilli toz maskesi filtrasyon testinde verimlilik oranı %60,818 ile en düşük değere sahip olmuştur.

Bu beş numune hava geçirgenlikleri nezdinde tetkik edildiğinde; 117 cfm değeri ile solution blowing yöntemi kullanılarak üretilen materyalin hava geçirgenliği en yüksek olup bu değere en yakın X firmasına ait ventilli toz maskesi 87 cfm'dir. Yine aynı firmanın ventilsiz toz maskesi hava geçirgenliği 748 cfm ile üçüncü sırada yer alırken Y firması ventilli toz maskesi hava geçirgenliği 32 cfm, electro blowing tekniği ile üretilen materyal hava geçirgenliği 30 cfm ile tespit edilmiştir. X firmasına ait ventilli toz maskesi hava geçirgenlik değerinin yüksek çıkması, endüstriyel ürünün birçok katmandan meydana gelmesi ile ilgilidir. Bu katmanlar arasında hava geçişini sağlayacak boşlukların bulunması çıkan değeri olumlu kılmaktadır. Hava geçirgenlik değeri en yüksek olan X ventilli ürününün kalınlığı 1,70 mm iken hava geçirgenlik değeri en düşük olan electro blowing yöntemi ile üretilmiş nanolifin üç katlı kalınlığı 0,30 mm'dir. EB ile üretilen numunenin bu denli ince olması ve sıkı nanolif dokuması sebebiyle hava geçirgenliği testinde gösterdiği değer normal düzeydedir.

Nanoteknolojinin iş sağlığı ve güvenliği bünyesinde yer almakta olan kişisel koruyucu donanımların imalat uygulamasına dahil edilmesini amaçlayan bu çalışmada; endüstriyel üretim KKD ile nanomalzeme kullanılarak üretilmiş KKD mukayese edilerek önemli bulgulara ulaşılmıştır. Yenilikçi girişimcilerin yapacakları yatırımları nanoteknoloji ile kişisel koruyucu donanım üretime yönlendirmeleri hem ekonomik boyutta hemde ülkemizin teknolojik gelişimi açısından katkı sağlayacaktır. İSG'nin çalışan, işletme ve üretim korumasına yönelik temel prensiplerinin ana unsuru insan sağlığını muhafaza etmektir. Kişinin bedensel ve ruhsal bütünlüğünü sağlama noktasında önem arz eden kişisel koruyucu donanımların nanomalzeme ile üretilmesi sonucu; verimliliğin artıp çalışma ortamının daha güvenilir olacağı ve üretimin kolaylaşacağı düşünülmektedir. Çalışanın kullandığı ekipmana duyacağı güven iş yerine duyacağı güveni doğrusal oranda etkileyeceği için motivasyonunun artması dolaylı olarak iş verimine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Demirel, Ö. R., 2007, “Askeri malzemelerde nanoteknoloji kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 14.
- [2] Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, m. 2-4.
- [3] Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması Ve Uygulanmasına Dair Kanun, m. 3.
- [4] Altuğ, T., 2013, “Türkiye’de ortak sağlık ve güvenlik birimlerinin yeri ve önemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-14.
- [5] 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, madde 12-14.
- [6] 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2-4.
- [7] Efor OSGB, 2019, “İş kazaları”, <https://www.eforosgb.com/is-kazalari/>
- [8] Standart Kalite, “OHSAS 18001 ile ilgili tanım ve terimler”, http://www.standartkalite.com/ohsas18001_terimleri.htm
- [9] 155 Sayılı ILO Sözleşmesi, madde 3.
- [10] 4857 Sayılı İş Kanunu, m. 2.
- [11] Taşbaş, S. D., 2014, “Polyester dokumanın çok katmanlı nanokompozit süperhidrofobik yüzey ile kaplanması ve ıslanmazlık özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 8.
- [12] Celep, Ş., 2007, “Nanoteknoloji ve tekstilde uygulama alanları”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 21-42, 71.
- [13] Gülmez, N., 2013, “Elektroeğirme (electrospinning) makinası tasarımı ve kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 3.
- [14] Uçar, S., 2006, “Teknik-akıllı tekstiller ve tasarımda kullanımları”, Yüksek Lisans Tezi, *Mimar Sinan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 6.
- [15] Şahin, S., 2014, “Teknolojik gelişmeler ve uluslararası rekabet gücü ilişkisi bağlamında nanoteknolojinin önemi ve Türkiye deneyimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 34-41.
- [16] Çebi T. 2014. “Akıllı tekstillerin giyim ve ev tekstillerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 61.
- [17] Ege Toz Maskesi, 2019, <http://www.tozmaskesi.com.tr/ventil-nedir.html>
- [18] Avşar, M., 2018, “İş güvenliği uzmanının iş kazalarına etkileri: Marmara bölgesi örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 9-12.

- [19] Engin, T., 2014 “6331 sayılı kanun çerçevesinde iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin desteklenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Bursa, 19-27.
- [20] Uslu, V., 2014, “İşletmelerde iş güvenliği performansı ve iş güvenliği kültürü algılamaları arasındaki ilişki Eskişehir ili metal sektöründe bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir, 3-11.
- [21] Türkiye Makina Mühendisleri Odası Birliği, Mart 2018, “İşçi sağlığı ve iş güvenliği”, *TMMOB*, Yayın No: MMO/689, Ankara, 15-23.
- [22] Tülü, M., 2014, “İş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinde İSG profesyonellerinin algı ve beklentileri”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü*, Ankara, 4-8.
- [23] Haşemoğlu, K. E., 2018, “Toplu yerleşim alanlarının şantiyelerindeki iş kazalarına neden olabilecek risklerin analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 27-28, 37.
- [24] İBB, 2016, “Günlük hayatımız ve iş sağlığı ve güvenliği rehberi”, *İBB Basımevi*, İstanbul, 83.
- [25] Demir, M., 2013, “Yapı üretiminde iş sağlığı ve güvenliği risk yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-9.
- [26] Aybarç, U., 2007, “Stratejik teknoloji yönetimi açısından nanoteknolojinin değerlendirilmesi ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir, 2, 65.
- [27] Özer, Y., 2008, “Nanobilim ve nanoteknoloji: Ülke güvenliği / etkinliği açısından doğru modelin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 21-23, 41-57.
- [28] Bilget, Ö., 2013, “Nano boyutta gümüşçinko Katkılı Pigment Baskı Uygulanmış Kumaşların Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 22.
- [29] Ünver, H., 2016, “Nanomalzeme üretiminde iş sağlığı ve güvenliği risklerinin değerlendirilmesi”, Uzmanlık Tezi, *Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü*, Ankara, 6-7.
- [30] Yumurtaş, A., 2008, “Nano TiO₂'in mamül derilerin bazı haslık değerlerine etkisi üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1.
- [31] Karahanlar, Ü., 2014, “Dokuma ve örme tekstiller üzerinde akıllı uygulamalar”, Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 43-48.
- [32] Karakuzu, C., 2018, “Yol inşaatlarında risk analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 11.

- [33] Erdem, R., Sancak, E., 2013, “Elektroçekim yöntemiyle elde edilen poliamid 6/kitosan bazlı nanoliflerin morfolojik özelliklerinin incelenmesi”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 24:53-65.
- [34] NCB Plastik, 2019,
<http://www.ncbplastik.com/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=3&id=8>
- [35] Areka İleri Teknolojiler, 2019,
<http://www.antteknik.com/tr/urunler/?p=alpha-serisi-dijital-viskozimetre>
<http://tr.arekagroup.com/Teknik-Bilgi.html>
<http://www.arekananofiber.com/solution-blowing.html>
<http://www.arekananofiber.com/electro-blowing.html>
<http://www.arekananofiber.com/centrifugal-spinning.html>
- [36] TEMAG (Textile Materials & Machinery Research Group),
<http://www.temag.itu.edu.tr/Facilities.html>
- [37] Milim Laboratuvar, 2019,
<http://milimlab.com/index.php?route=product/category&path=18>
- [38] TSI Incorporated, <https://www.tsi.com/products/filter-testers/automated-filter-tester-8130a/>
- [39] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu,
<http://www.taek.gov.tr/tr/sik-sorulan-sorular/148-malzeme-teknolojisi-sss/948-taramali-elektron-mikroskobu-sem-nasil-calisir.html>
- [40] Alptek Mühendislik ve Teknolojik Sistemler, 2019, “Taramalı elektron mikroskobu”,
<http://alptek.com.tr/laboratuvar-cihazlari/laboratuvar-cihazlari/taramali-elektron-mikroskobu/>
- [41] Kozanoğlu, G. S., 2006, “Elektrospining yöntemiyle nanolif üretim teknolojisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 118.
- [42] Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Uygulama Merkezi Müdürlüğü
https://www.selcuk.edu.tr/ileri_arge/birim/web/sayfa/ayrinti/5874/tr
- [43] İstanbul Teknik Üniversitesi Laboratuvarları, 2019,
<http://itulabs.itu.edu.tr/Cihaz.aspx?id=b8c5802e-4ac4-4737-8523-936315b57110>
- [44] Kılıç, A., 2008, “Eriyikten elektroüretim yöntemi ile polipropilen nanolif üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 14.
- [45] Dinç, H., 2013, “Polinivil borat sentezi; elektrospin yöntemiyle nanofiber hazırlanması karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 8.

- [46] Cengiz, F., Krucińska, I., Gliścińska, E., Chrzanowski, M., & Goektepe, F., 2009, “Comparative analysis of various electrospinning methods of nanofibre formation”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 1 (72): 13–19.
- [47] Lu, Y., Li, Y., Zhang, S., Xu, G., Fu, K., Lee, H., & Zhang, X., 2013, “Parameter study and characterization for polyacrylonitrile nanofibers fabricated via centrifugal spinning process” *European Polymer Journal*, 49(12): 3834–3845.
- [48] Medeiros, E. S., Glenn, G. M., Klamczynski, A. P., Orts, W. J., & Mattoso, L. H., 2009, “Solution blow spinning: A new method to produce micro-and nanofibers from polymer solutions” *Journal of applied polymer science*, 113(4): 2322–2330.
- [49] Ju, J., Kang, W., Deng, N., Li, L., Zhao, Y., Ma, X., ... Cheng, B., 2017, “Preparation and characterization of PVA-based carbon nanofibers with honeycomb-like porous structure via electro-blown spinning method”, *Microporous and Mesoporous Materials*, 239: 416–425.
- [50] Polat, Y., Pampal, E. Ş., Stojanovbka, E., Simsek, R., Hassanin, A., Kilic, A., Demir, A., Yilmaz, Ş., 2016, “Solution blowing of thermoplastic polyurethane nanofibers: a facile method to produce flexible porous materials”, *Journal of Applied Polymer Science*, 10.1002 (43025): 1-9.
- [51] Gökçe, E. C., Akgül, Y., Kılıç, A., Açma, E., 2018, “Antibakteriyel nanolif yapılarının çözeltiden üfleme sistemi ile üretimi ve karakterizasyonu”, *Journal of Textiles and Engineer*, 25 (110): 3.
- [52] Üstün, A., 2011, “Hava filtrasyonu için nanolif üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli,
- [53] Yanılmaz, M., 2010, “Poliüretan/polipirol kompozit nanolif, ince film üretimi ve karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 20.
- [54] Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2016, Ulusal bilim ve teknoloji politikaları 2003-2013 strateji belgesi, http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf
- [55] Xu, J., Liu, C., Hsu, P.-C., Liu, K., Zhang, R., Liu, Y., & Cui, Y., 2016, “Roll-to-roll transfer of electrospun nanofiber film for highefficiency transparent air filter”, *Nano letters*, 16(2): 1270–1275.



EK-1: KKD Kullanımına İlişkin Risk Belirleme Tablosu Örneği
























































		KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM KULLANIMINA İLİŞKİN RİSK BELİRLEME TABLOSU ÖRNEĞİ																									
		RİSKLER																									
		FİZİKSEL								KİMYASAL				BİYOLOJİK													
VÜCUDUN KISIMLARI		MEKANİK				TERMAL	ELEKTRİK	RADYASYON		GÜRÜLTÜ	AEROSOLLAR-SIVILAR-GAZLAR-BUHARLAR																
		Yüksekten Düşmeler	Darbeler	Kesikler	Çarpmalar	Ezilemeler	Batmalar	Kaymalar	Dışkımeler	Sıcaklık Alev	Soğuk	iyonize Olmayan	iyonize		Tozlar, Lifter	Duman	Buhar	Sıvıya Bama	Sıçrama	Piskürme	Zararlı Bakteriler	Zararlı Virüsler	Mantarlar (Mikotik fungus)	Mikrobiyolojik olmayan	Antijenler		
BAŞ	Kafatası																										
	Kulak																										
	Göz																										
	Solumun Yolu																										
	Yüz																										

		Baş (Tamamı)																									
	ÜST BEDEN	El																									
		Kol (Kısımları)																									
	ALT BEDEN	Ayak																									
		Bacak (Kısımları)																									
	DİĞER	Deri																									
		Gövde / Karın																									
		Parenteral Yollar																									
		Tüm Vücut																									

EK-2: Kişisel Koruyucu Donanım Zimmet Formu

		KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM TESLİM TUTANAĞI				Doküman No:		
						Revizyon No:		
						Revizyon Tarihi:		
<p>Aşağıda cinsi yazılı olan kişisel koruyucu malzemeyi teslim aldım ve nasıl kullanılacağı konusunda eğitildim. Tarafıma verilen bu malzemeyi bu işyerinde kullanmayı, istemediğimde teslim veya kullanım süresi doluncaya kadar muhafaza etmeyi, kullanım süresinin bitiminde iade etmeyi, kötü kullanma nedeniyle ortaya çıkacak hasar ve ziyarı ödemeyi kabul ve tasahhüt ederim.</p>								
Çalışanım								
Adı Soyadı								
Çalıştığı Firma								
Görevi/Bölümü								
No	Malzemenin Cinsi	Standardı	Miktarı	Tarih	Testim Eden	İmza	Teslim Alan	İmza
1	Baret	EN 397						
2	Reflektif Yelek	EN 471						
3	İş Ayakkabısı	EN 345						
4	Paraşüt Tipi Emniyet Kemeri	EN 361						
5	İş Gözlüğü	EN 166						
6	Eldiven	EN 420						
7	Kaynak Gözlüğü	EN 175						
8	Can Halatı	EN 363						
9	Halat Kancası (Karabina)	EN 362						
10	Toz Maskesi	EN 136						
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

EK-3: KKD Kullanım Matrisi

		KKD Kullanım Matrisi														DOKÜMAN NO	
																REVİZYON NO	
																REVİZYON TARİHİ	
VEFA	BARET	KULAKLIK	ELDİVEN	AYAKKABI	KAYNAK MASKESİ	KAYNAKCI KOLLEĞÜ	KAYNAKCI ÖNLÜĞÜ	KAYNAK ELDİVENİ	ELEKTRİK ELDİVENİ	KİMYASAL ELDİVEN	MEKANİK ELDİVEN	TULUM	SOLUNUM MASKESİ	EMNİYET KEMERİ	TOZ MASKESİ	GÖZLÜK	YÜZSİPERİ
TEKNİK KADRO																	
MONTAJ EKİBİ																	
OPERATÖR VE SOFÖRLER																	
SAPANCI																	
KAYNAKCI																	
ELEKTRİÇİ																	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAGÖZ, Muhammet Abdullah
Uyruğu : TC
Doğum tarihi ve yeri : 01.04.1990 Osmangazi
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (554) 447 67 00
e-mail : makkaragoz@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi/İş Güvenliği ABD	2015
Yüksek lisans	Dumlupınar Üniversitesi/Pedagojik Formasyon Eğitimi	2014
Lisans Afyon	Kocatepe Üniversitesi/Fizik Bölümü	2013
Lise	Malcılar Lisesi/Fen Bilimleri	2008

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-	Siska İnşaat A.Ş. (Galataport)	İş Güvenliği Uzmanı (B)
2017-2018	Rönesans Medikal İnşaat A.Ş.	İş Güvenliği Uzmanı (B)
2015-2017	Afyon Ortak Sağlık Güvenlik Birimi	İş Güvenliği Uzmanı (B)

Yabancı Dil İngilizce

Yayınlar

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Çerçevesinde, Türkiye'deki Ortak Sağlık ve Güvenlik Birimlerinin Kuruluş, Mevcut Durumları Sorumlulukları Üzerine Değerlendirmeler (2016)

Türkiye'de, Yükseköğretimde İş Sağlığı ve Güvenliği İle İlgili Önlisans ve Lisans Programlarına Genel Bakış (2016)

Türkiye'de, Yüksek Lisans ve Doktora Düzeyindeki İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitim Programlarının, Mevcut Durumunun İncelenmesi (2016)

Hobiler

Atıcılık, Bilişim Teknolojileri, Edebiyat, Tarih, Yüzme