

T.C
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL VE MODA TASARIMI ANASANAT DALI
TEKSTİL VE MODA TASARIMI PROGRAMI

NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI

(Sanatta Yeterlik Tezi)

Hazırlayan:

20096482 Almagul ZHUMAGAZIYEVA

Danışman:

Prof. Nesrin TÜRKMEN

İSTANBUL-2021

T.C
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL VE MODA TASARIMI ANASANAT DALI
TEKSTİL VE MODA TASARIMI PROGRAMI

NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI

(Sanatta Yeterlik Tezi)

Hazırlayan:

20096482 Almagul ZHUMAGAZIYEVA

Danışman:

Prof. Nesrin TÜRKMEN

İSTANBUL-2021

Almagul Zhumagaziyeva tarafından hazırlanan **NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI** adlı bu çalışma aşağıda adları yazılı jüri üyelerince Oybirliğiyle/Oyçokluğuyla Sanatta Yeterlik Tez olarak Kabul Edilmiştir.

Kabul (Sınav) Tarihi : 26 / 01 / 2021

(Jüri Üyesinin Ünvanı, Adı - Soyadı ve Kurumu) :

İmzası:

Jüri Üyesi: Prof. Nesrin TÜRKMEN (Danışman)

.....

Jüri Üyesi: Prof. Gaye KIRLIDÖKME BELEN

.....

Jüri Üyesi: Doç.Dr. S.Meltem ÖZKARAMAN ŞEN

.....

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Bülent ÖZİPEK (İTÜ)

.....

Jüri Üyesi: Prof. İdil AKBOSTANCI (Marmara Üniversitesi)

.....

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No.</u>
ÖNSÖZ	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Evren ve Örneklem.....	1
1.3. Veri Toplama Teknikleri	2
1.4. Veri Analizi	3
2. NANOTEKNOLOJİ	5
2.1. Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi	5
2.2. Nanoteknoloji Tanımı.....	12
2.2.1. Nanoteknolojiye Felsefi Bakış	18
2.2.2. Nanoteknolojik Malzemelerin Yüzey Özellikleri	22
2.3. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları.....	30
2.3.1. İmalat	31
2.3.2. Bilişim.....	32
2.3.3. Havacılık	36
2.3.4. Çevre ve Enerji.....	37
2.3.5. Güzellik ve Kozmetik Sektörü.....	41
2.3.6. Sağlık Sektörü.....	41
2.3.6.1. Salgın Hastalıklar ve Nanoteknoloji	45
3. NANOTEKNOLOJİNİN TEKSTİL SEKTÖRÜNDEKİ UYGULAMALARI	
3.1. Nano Teknik Tekstiller.....	54
3.2. İnteraktif Tekstiller	63
3.2.1. Su İtici ve Hava Alan Kumaşlar	65
3.2.2. Hidrofilik kaplama	70

4. MEDİKAL NANOTEKSTİLLER.....	75
4.1. NanoBioTeknoloji ve Medikal Tekstili	75
4.1.1. Tıpta Nanotekstil Gelişimi	75
4.1.2. Tıbbi Tekstiler Ürünleri	84
4.1.3. Koruyucu Biyosidal Ürünler	89
4.1.4. Biyosidal Özellikleri, Teknoloji ve Üretimi.....	91
4.2. Nanotekstillerin Medikal Alanında Kullanımları	93
4.2.1. Nanolif ve Tekstil Ürünleri Kullanarak Hasarlı Doku ve Organların İyileşmesi	94
4.2.2. Yara Yanık Örtüleri	95
4.2.3. Dokusuz (Nonwoven) Medikal Tekstiller.....	102
4.3. Nanotekstillerin Riskleri ve Olası Çözüm Yolları.....	105
5. TÜRKİYE’DE MEDİKAL SEKTÖRÜNDEKİ NANOTEKSTİL UYGULAMARI	112
5.1. Bulgular	112
6. SONUÇ.....	130
6.1 Öneriler	134
7. EKLER.....	137
8. KAYNAKLAR.....	145
9. ÖZGEÇMİŞ.....	158

ÖNSÖZ

Nano ölçekteki teknolojiler, insan yaşamının her anında ve alanında yer almaya başlamış ve uygulamalar hızla yaygınlaşmıştır. Pek çok sektörde kullanılmaya başlayan nanoteknolojinin medikal alanda kullanılan ürünlere de etkisi olmuştur. Nanoteknoloji sayesinde daha hafif, daha dayanıklı, daha ekonomik yatırımlı, daha kolay üretilen malzeme ve sistemlerin üretimi hedeflenmekte olup, hastanelerde kullanılan fonksiyonlu nanotekstillerin birçok hastalığın tedavisinde de önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, nanotekstil kullanım alanları, medikal sektördeki nanotekstil uygulamaları ve kullanım şekillerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca Türkiye’de nanotekstil ürünlerinin nasıl üretildiği, ithalat-ihracat uygulamaları, illere göre işletmelerin dağılımı gibi sorulara yanıt aranmıştır.

Eğitimim sürecince bilgi ve becerilerimin artmasında, bu mesleğin inceliklerini öğrenmemde kendi tecrübelerini ve bilgilerini bana aktararak destek olan, etik ve bilimsel açıdan örnek aldığım, tez danışmanım çok değerli hocam Prof. Nesrin Türkmen başta olmak üzere bu süreç içerisinde desteklerini benden esirgemeyen bütün hocalarıma sonsuz teşekkür ederim. Tezimin gerçekleşmesinde “2215-Yabancı Uyruklular için Burs Programı” numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Benden hiçbir zaman anlayışını ve desteğini esirgemeyen çok değerli annem Sagira, babam Zamir’e ve sevgili eşim Alim Can Baymurat’a sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Nanoteknoloji, günümüzde önemi giderek artan, birçok alanda olduğu gibi tekstil endüstrisinde önemli gelişmeler sağlanmasının yolunu açan bir teknolojidir. Elyaf veya kumaş üretiminde farklı terbiye, kaplama veya üretim teknikleriyle bugün çeşitli türlerde yüksek performanslı tekstiller üretilmekte ve bitmiş giysilere nano boyutlu parçacıklar uygulanmaktadır. Moleküler seviyede nanoteknoloji kir ve leke tutmama, su iticilik, antistatik özellik, güç tutuşurluk, dayanıklılık, antimikrobiyal özellik, radyoaktiviteden koruma özellikleri gibi istenen çeşitli tekstil özelliklerini geliştirmek için kullanılabilir. Güvenli bir şekilde üretilen dayanıklı ve işlevsel medikal tekstillere yönelik artan talep ise, nanomalzemelerin tekstile entegre edilmesi için bir fırsat yaratmaktadır.

Bu çalışmada medikal sektördeki nanotekstil uygulamaları ve kullanım şekilleri incelenmiş ve Türkiye’de medikal sektörde yer alan çeşitli işletmelere anket uygulaması ile elde edilen veriler ışığında nanotekstil üretimine ilişkin mevcut durumun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda hangi nanotekstil ürünlerinin nasıl üretildiği, ithalat-ihracat durumları, illere göre işletmelerin dağılımı gibi sorulara yanıt aranmıştır.

Çalışma sırasında Türkiye’de medikal sektördeki nanotekstil üretimi yapan 19 firmaya anket uygulanmıştır ve araştırmadan elde edilen verilerin çözümlenmesinde istatistik SPSS 22.0 programı kullanılmıştır. Nanotekstil ürün üreten medikal firmaların birçoğunun büyük şehirlerde faaliyet gösterdikleri; faaliyet sürelerinin ortalama 30 yıl olduğu; üretim için kullandıkları nanotekstillerin birçoğunun kendi üretimleri olduğu; AB ülkeleri, Orta Asya ve Orta Doğu ülkelerine ihracat yaptıkları; ürettikleri nanotekstil medikal ürünlerinin genellikle ameliyathanedeki hasta ,doktor ve hemşireler tarafından kullanılan önlük, boneler ,

yatak–yastık-yorgan kılıfları, hasta bakım ve temizlik ürünleri ile dokusuz (nonwoven) kumaşlar olduğu; üretilen medikal nanotekstil ürünlerinin en fazla fonksiyonel kaplamalı dokusuz yüzeylere sahip olduğu; antimikrobial olduğu, tek kullanımlık olduğu; çok kullanımlı ürünlerin ise bakteriyel bariyer etkileri ve su itici özellikli etkilerinin ortalama 30 yıkamaya kadar dayandığı belirlenmiştir.

Tez çalışması sırasında elde edilen bulgular sonucunda Türkiye’de üretilen medikal nanotekstil ürünlerin ameliyathane malzemeleri ve koruyucu kıyafetler ile sınırlı kaldığı görülmüştür. Günümüz şartları ve teknolojik gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda hasta önlükleri, personel uniformaları ve hastane tekstillerinde (nevrisim takımları, çarşaf, yastık, battaniye, yorgan, perde vs.) kendi kendini temizleyen, antibakteriyel aktiviteye sahip, nano özellikli ürünlerin tercih edilmesi gerekmektedir.

- Beden sağlık sistemi ile uyumlu, hayati verilerin değişimini bildirebilir fonksiyonel tekstil ürünlerinin geliştirilmesine önem verilmelidir.
- Konvansiyonel tekstil ürünlerin yanında kişisel bakım, konfor desteği sağlayan nanotekstil ürünlerinin geliştirilmesine önem verilmelidir.
- Türkiye’de nanotekstil sektörünün gelişmesi ve oluşabilecek risklerin belirlenmesi açısından daha çok bilimsel çalışmalar yapılmalı ve nanotekstil ürün kullanımına yönelik farkındalık artırılmalıdır.

ANAHTAR KELİMELELER: Nanoteknoloji, Nanotekstil, Medikal Nanotekstili, Medikal Sektör, Türkiye’de Medikal Nanotekstil.

ABSTRACT

Today, nanotechnology is a technology that rises in importance gradually and creates possibilities to provide important developments in various fields as so textile industry. Various textiles with high-performance have been produced, and nanoparticles have been applied to completed clothing thanks to the current production of fiber or fabric with the technics of finishing, coating, and producing. The molecular level of nanotechnology can be used to develop desired textile characteristics such as stainlessness, water-repellent, anti-static properties, high flash-point, everlastingness, anti-microbial properties, protection from radioactivity, and so on. Request for everlasting and functional medical textiles that are securely produced creates an opportunity for integrating nanomaterials into textiles.

In this study, it aims to determine the current situation related to nano-textile production in consideration of data obtained by applying a survey method to several businesses operating in the healthcare sector in Turkey. In line with this purpose, the production of nano-textile products, their production methods, the current situation of nano-textile products in import and export, and the range of businesses in the nano-textile sector by cities have been researched.

During the study, the survey was applied to 19 companies producing nano-textile in the healthcare sector in Turkey, and SPSS statistics 22.0 was used to analyse data obtained from the research. It was determined that many of the companies producing nano-textile operates in metropolitans; the activity period of them is 30 years in average; the nano-textile used for production is mostly their own productions; they export to EU countries, Middle Asia and Middle East, the medical nano-textile products they produces are commonly gowns and coats, surgical caps, mattress and quilt covers, pillowcases, production for housekeeping and patient care

used by patients, doctors and nurses in operating rooms and nonwoven fabrics; the medical nano-textile products produced have the maximum functional coated nonwoven surfaces; that is anti-microbial and for single-use, the bacterial barrier-effect and water-repellent properties of the products for multiple-use are durable for 30 washing time in average.

In consequence of findings obtained during the thesis study, it has been understood that medical nano-textile products produced in Turkey are limited to hospital operating materials and protective clothing. Considering that the present conditions and technological developments, the products with properties of self-cleaning, antibacterial activity, nano should be preferred in patient gowns, staff uniforms, and hospital clothing (bedlinen, sheets, pillowcases, blankets, quilts, curtains, etc.)

- It should attach importance to the development of functional textile productions complying with physical health and its system, and that can notify the change of vital data.
- Besides conventional textile production, it should attach importance to the development of nano-textile productions provided personal care and comfort support.
- In terms of the development of the nano-textile sector and determining risks in Turkey, further scientific researches should be done and awareness regarding the use of nano-textiles should be expanded.

KEY WORDS: Nanotechnology, Nano-Textile, Medical Nano-Textile, Healthcare Sector, Medical Nano-Textile in Turkey.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Karbon Nanotüp, Fullerenec60 , Futbol Topu.....	7
Şekil 2.2 : Lif Büyüklüğü ve İlişkili Üretim/İşleme Teknolojileri.....	14
Şekil 2.3 : Yara Dikişi ve Futbol Forması Kumaşı	15
Şekil 2.4 : Yapışkanlı Cırt Cırt ve İğne Deliğinden Geçen İplik	16
Şekil 2.5 : Yukarıdan Aşağıya ve Aşağıdan Yukarıya Yaklaşım Şeması.....	17
Şekil 2.6 : Elektron Mikroskopuyla İncelenen Lotus Yaprağının Yüzeyi	23
Şekil 2.7 : Stenocara Böceği	24
Şekil 2.8 : Mavi Morpho Kelebeğin Kanadı, b) Morphotex Tekstil by Teijin Fibers Limited, Osaka, Japan, c) Donna Sgro Tarafından Morphotex Tekstilden Tasarladığı Elbise	26
Şekil 2.9 : Köpekbalığı Derisi'den İlham Alan Sürtünmeye Karşı Kumaş Teknolojisi.....	27
Şekil 2.10 : Gecko ve Ayak Yapısı, Geckskin Bant için Kullanılan Tekstiller, Gecko'nun Ayakların 200µm Boyutundaki Görüntüleri, Geckskin Bant, Vibram Ayakkabı	29
Şekil 2.11 : Eider Ördeği ve Eider Ördeği Yalıtım Sistemli Kaban.....	30
Şekil 2.12 : Nanoteknoloji ile Üretilmiş PaperPhone ve Snaplet.....	34
Şekil 2.13. : Esnek Şeffaf OLED Ekranı	34
Şekil 2.14 : ZeroLight ve LG Şeffaf OLED Tabelaları	35
Şekil 2.15 : Sharp 30 inçlik Esnek Ekran.....	36
Şekil 2.16 : Lucy Dunne Tarafından Tasarlanan Akıllı Ceket Modeli ve Optoelektronik Kumaşlar	38
Şekil 2.17 : a) Luminex Fiber Optikal Kumaş, b) Claire Danes Tarafından Tasarlanmış Karanlıkta Parlayan Elbise.....	39
Şekil 2.18 : LG'nin Las Vegas'taki Tüketici Elektronik Fuarı'nda OLED Teknoloji Kullanılan TV Ekranlarının Görüntüsü	40

Şekil 2.19 :	Nanorobot ve Nanoçip	42
Şekil 2.20 :	“Air Oasis” Hava Temizleyiciler	44
Şekil 2.21 :	Versarien Grafenli Maskesi	50
Şekil 2.22 :	SonoMask (Sonovia Maskesi)	51
Şekil 2.23 :	Noclet Plus Maskeleri.....	53
Şekil 3.1 :	Tekstilde Nanaoteknoloji Uygulamaları.....	56
Şekil 3.2 :	a) NYC Müzesi Çağdaş El Sanatları Sergi: Astronotların Uzay Giysi, b) NYC Müzesi Çağdaş El Sanatları Sergi Kataloğu 1968, c-d) Diana Dew'ın Paraphernalia için Tasarlanan Elektrikli Kıyafetleri	60
Şekil 3.3 :	Akıllı Tekstillerin Özellikleri ve Avantajları.....	61
Şekil 3.4 :	Su İtici Kumaş	66
Şekil 3.5 :	3XDRY Kumaşın Özellikleri	69
Şekil 3.6 :	Antibakteriyel Kumaşın, Antibakteriyel Etkinliği Olmayan Kumaştan Farkı	71
Şekil 3.7 :	Elektro Çekim İşleminin ve Etkili Olan Proses Parametrelerinin Şematik Gösterimi.....	74
Şekil 4.1 :	a) Gümüş Naylon Lifi, b) Gümüş Naylon Lifli Antibakteriyel Çorap..	76
Şekil 4.2 :	Marjan Kouroshnia Tasarımı Tıbbi Maskeler	77
Şekil 4.3 :	Şekil Hafıza	81
Şekil 4.4 :	Nanokapsül	82
Şekil 4.5 :	Lipozom.....	83
Şekil 4.6 :	Dendrimerler.....	83
Şekil 4.7 :	Hidrokolloid Örtü	99
Şekil 4.8 :	Absorbanlar. Alginat Örtüler	100
Şekil 4.9 :	Hidrojel.....	100
Şekil 4.10 :	İnsizyon Filmi.....	103
Şekil 4.11 :	Spunsuper Triplextir (ameliyathane kumaşı).....	104
Şekil 4.12 :	a)Crep ve Wrap kağıtları, b) Kemoterapik ilaçların hazırlanması	104

Şekil 5.2.1 : Firmaların Bulunduğu İllere Yönelik Frekans Bulguları.....	113
Şekil 5.2.2 : Anketi Dolduran Firma Elemanının Görevlerine yönelik Histogram Grafiği	115
Şekil 5.2.3 : Firmaların İhracat Yaptığı Bölgelere Yönelik Histogram Grafiği...	117
Şekil 5.2.4 : Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünlerine Yönelik Histogram Grafiği	118
Şekil 5.2.5 : Firmaların Kullandığı Ürünlerin Türlerine Yönelik Pasta Grafiği	119
Şekil 5.2.6 : Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünün Fonksiyonel Özelliğine Yönelik Histogram Grafiği.....	120
Şekil 5.2.7 : Firmaların Ürettiği Ürünün Türüne Yönelik Pasta Grafiği	121
Şekil 5.2.8 : Firmaların Ürettiği Ürünün Yıkama Hassaslığı - Dayanıklılığına Yönelik Histogram Grafiği.....	122
Şekil 5.2.9 : Firmaların Ürettiği Hazır Ürün Türü ile Kullandığı Nano Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Histogram Grafiği	125
Şekil 5.2.10: Firmaların Ürettiği Hazır Ürünü ile Ürettiği Ürünün Kullanım Türünün Karşılaştırılmasına Yönelik Histogram Grafiği.....	127

TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo2.1 : Türkiye’deki İlk Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezleri	10
Tablo 2.2 : “SI” Birimler Sistemi	13
Tablo 2.3 : Yüz Maske Tipleri.....	48
Tablo 4.1 : Tekstil Bazlı İmplantat	86
Tablo 4.2 : Ekstrakorporeal Tekstil Cihazı.....	87
Tablo 4.3 : Koruyucu Giysi, Hijyenik Tekstil	87
Tablo 4.4 : Yaygın Kullanılan Nanomalzemeler ve Fonksiyonları	105
Tablo 4.5 : Nanoteknoloji Tehlikeleri ve Çözüm Yolları	108
Tablo 4.6 : Medikal Nanotekstillerin SWOT Analizi.....	111
Tablo 5.2.1 : Firmaların Bulunduğu İllere Yönelik Frekans Bulguları	112
Tablo 5.2.2 : Firmaların Faaliyet Sürelerine Yönelik Tamamlayıcı İstatistikler	113
Tablo 5.2.3: Anketi Dolduran Firma Elemanının Görevlerine Yönelik Frekans Bulguları.....	114
Tablo5.2.4: Firmaların Kullandığı Nano Kumaş Ürünlerin Teminine Yönelik Frekans Bulguları	115
Tablo 5.2.5: Nanotekstil Ürünlerini İthal Eden İşletmelere Yönelik Frekans Bulguları.....	116
Tablo 5.2.6 : Firmaların İhracat Yaptığı Bölgelere Yönelik Frekans Bulguları...116	116
Tablo 5.2.7 : Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünlerine Yönelik Frekans Bulguları.....	117
Tablo 5.2.8 : Firmaların Kullandığı Ürünlerin Türlerine Yönelik Frekans Bulguları.....	118
Tablo 5.2.9 : Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünün Fonksiyonel Özelliğine Yönelik Frekans Bulguları	120
Tablo 5.2.10: Firmaların Ürettiği Ürünün Türüne Yönelik Frekans Bulguları	121

Tablo 5.2.11: Firmaların Ürettiği Ürünün Yıkama Hassaslığı-Dayanıklılığına Yönelik Frekans Bulguları	122
Tablo 5.2.12: Firmaların Kalite Yönetim Sisteminin Durumuna Yönelik Frekans Bulguları.....	123
Tablo 5.2.13: Firmaların Kullandığı İthal Ürünün Sertifikasyon Ve Denetlenme Durumuna Yönelik Frekans Bulguları	123
Tablo 5.2.14: Firmaların İş Güvenliğine Yönelik Frekans Bulguları.....	123
Tablo 5.2.15: Firmaların Ürettiği Hazır Ürün Türü ile Kullandığı Nano Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Çapraz Tablo Bulguları	124
Tablo 5.2.16: Firmaların Ürettiği Hazır Ürünü ile Ürettiği Ürünün Kullanım Türünün Karşılaştırılmasına Yönelik Çapraz Tablo Bulguları	126
Tablo 5.2.17: Firmaların Ürettiği Hazır Ürün ile Ürettiği Ürünün Fonksiyonel Özelliğinin Karşılaştırılmasına Yönelik Çapraz Tablo Bulguları	128

1. GİRİŞ

Çalışmanın giriş bölümünde araştırmaya ilişkin amaç ve kapsam, evren ve örneklem, veri toplama araçları, verilerin toplanması ve analizine ilişkin bilgiler sunulmuştur.

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu araştırmada medikal sektördeki nanotekstil uygulamaları ve kullanım şekillerinin incelenmesi ve Türkiye’de medikal sektördeki nanotekstil uygulamaları ve kullanımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda medikal nanotekstil üretimi yapan bazı firmalar çalışmanın kapsamına alınmıştır. Araştırmada işletmelerden bilgi almak amacıyla erişim, süre ve maliyet gibi kısıtlılıklar ortaya çıkmıştır.

1.2. Evren ve Örneklem

Çalışmanın evrenini İstanbul, İzmir, Bursa, Kahramanmaraş ve Gaziantep illerinde medikal sektörde faaliyet gösteren işletmeler oluşturmuştur. Bu işletmeler arasından ulaşılabilen 19 işletme çalışmanın örneklemini meydana getirmiştir.

1.3. Veri Toplama Teknikleri

Bu araştırmada veri toplamak amacıyla nicel yöntemlere ilişkin anket tekniği tercih edilmiştir. Nicel araştırmalar, belirli bir problemin/problemlerin teoriler aracılığıyla sınanması, sayısal olarak llmesi ve istatistiksel yöntemler aracılığıyla analiz edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Farklı yöntemlerle veri toplama ve istatistiksel analizler kullanılarak lme ve değerlendirmeler söz konusudur. Nicel araştırmalarda tümdengelim anlayışına göre hareket edilmektedir. Yöntemsel açıdan anketler, deneyler, tarama ve yapılandırılmış görüşmeler nicel araştırma teknikleri arasında bulunmaktadır. Araştırmalarda hipotezlerin bulunduğu veya istatistiksel olarak bir sonuca varmak amaçlandığında, anket tekniğinin tercih edilmesi uygun grlmektedir¹. Bu çalışmada şirketlerden veri toplamak için harcanan süre yaklaşık 4 aydır. Veriler 13 şirketten anket aracılığıyla, 3 şirketten telefon görüşmesi aracılığıyla, 3 şirketten ise mail üzerinden yazılı olarak elde edilmiştir.

Anketler, katılımcıların sözlü veya yazılı sorudan oluşan cevaplarının analize dayalı araştırma materyali olarak tanımlanmaktadır. Gözlem ve görüşme gibi diğer veri toplama yöntemlerine göre çok daha büyük gruplara hızlı şekilde uygulanma olanağının bulunması ve daha düşük maliyete sahip olması açısından avantajlıdır. Ancak daha yzeyssel bilgi toplamaya uygun olması, katılımcıları sorulara cevap vermeye yönelik gdlemekte sorunlar yaşanması, esnekliğe sahip olmaması ise anketlerin kısıtları arasında yer almaktadır.²

¹ H.PADEM-A.GÖKSU-Z.KONAKLI, **Araştırma Yöntemleri: SPSS Uygulamalı**, 58.

² ř.BÜYÜKÖZTÜRK – E. KILIÇ ÇAKMAK- . E. AKGL- ř.KARADENİZ-F.DEMİREL, **Eğitimde Bilimsel Araştırma Yöntemleri**, 129

Başlangıçta çalışmada nitel araştırma tekniklerinden yüz yüze görüşme tekniği ile firma sahiplerinden bilgi alınması amaçlanmıştır. Ancak firmaların iş yoğunluğu ve firma sahiplerine ulaşmada sorunlar yaşanmış, işletmelerin neredeyse tümü medikal nanotekstil ürünleri hakkında bilgi vermekte isteksiz davranmıştır. Katılımcılardan ses kaydı alınmasına yönelik izin alınamaması ve isim vermek istememeleri nedeniyle çalışmanın veri toplama yöntemi anket olarak değiştirilmiştir.

1.4. Veri Analizi

Araştırmadan elde edilen verilerin çözümlenmesinde SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 22.0 programı kullanılmıştır. Araştırmanın amacına yönelik olarak öncelikle tanımlayıcı istatistiklerden yüzde ve frekans bulguları belirlenmiştir. Ardından çapraz tablolar kullanılarak değişkenler arasındaki frekans bulguları ilişkilendirilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, nanoteknoloji kavramına kavramsal çerçevede değinilerek nanoteknolojinin tarihteki gelişim süreci, yaklaşımlar ve nanoteknolojik ürünlerin özellikleri ele alınmıştır. Ardından nanoteknolojinin kullanıldığı farklı sektörlerde hangi ürünlerin üretildiği incelenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde nanoteknolojinin tekstil sektöründeki uygulamalarına yer verilmiştir. Bu kapsamda nano teknik tekstiller ve interaktif tekstiller incelenmiştir. İnteraktif tekstillerde su itici ve hava alan kumaşlar ile hidrofilik kaplama uygulamaları ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde medikal tekstillere ağırlık verilerek tıpta nanotekstil kullanımının gelişimi, tıbbi nanotekstil ürünleri ve biyosidal ürünlere

ilişkin bilgiler sunulmuştur. Ardından nanotekstillerin medikal alanında iyileştirme işlevleri kapsamında nanolifler, yara-yanık örtüleri ve dokusuz ürünler ele alınmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde Türkiye’de medikal sektördeki nanotekstil üretimi yapan 19 firmaya uygulanan anket verileri, bulgular ve analizine ilişkin bilgiler sunulmuştur. Araştırmadan elde edilen verilerin çözümlenmesinde istatistik SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 22.0 programı kullanılmıştır.

2. NANOTEKNOLOJİ

« 10⁻⁹» – Modanın yeni formülü

Katerina Sinelnikova

2.1. Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi

XX yüzyılın sonunda ortaya çıkan nanoteknolojiler hızla gelişmekte ve her ay yeni projeleri ortaya çıkmaktadır. Nano kavramı, “bir fiziksel büyüklüğün milyarda biri” şeklinde tanımlanmaktadır. Nanoteknoloji kavramı ise, “maddenin 1 ile 100 nanometre boyutlarındaki davranışlarını anlama ve kontrol etme bilimi” olarak kabul edilmektedir.³ Nanoteknoloji biliminin, nesnelere davranışını anlayabilme ve kontrol edebilme yeteneğini bu denli küçük boyutlarda sağlaması, moleküler düzeyde değişikliklerin yapılarak farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapıların oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Böylece birçok bilim dalında farklı materyaller ve ürünlerin üretimi sayesinde köklü yenilikler gerçekleştirilebilir.

Son yıllarda bilim ve teknoloji alanlarında önemli dönüşümler meydana gelmiş, nanobilimin ve nanoteknolojinin gelişimi sayesinde insanlığın yaşam koşullarının önemli ölçüde değiştirilebilmesi mümkün hale gelmiştir. Nanoteknolojinin tarihsel gelişiminin kesin bir tarihi olmamakla birlikte belirli aşamalardan geçerek yıllar içerisinde gerçekleştiği bilinmektedir.

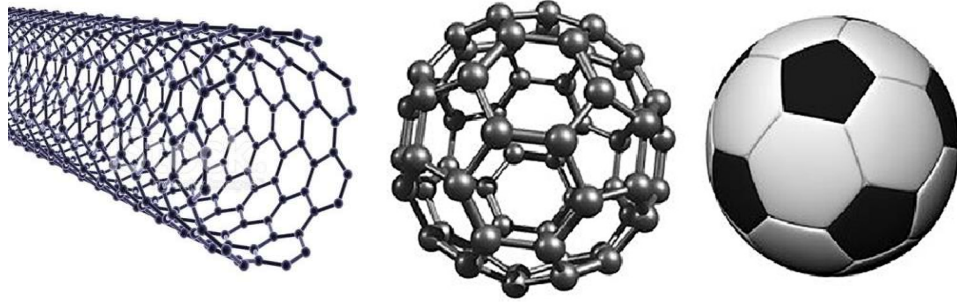
³ O. TURGUT - H.L. KESKİN - A.F. AVŞAR, “Nanoteknoloji Nedir?”, 46.

Nanoteknoloji, 20.yy.'da fizik ve kimya alanlarında bazı bilimsel alt dalların gelişmesi ve birleşmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Nanobilim ve nanoteknolojinin gelişmesi 1950'li yılların ortalarında yeni bilimin kurucuları olarak bilinen Richard Feynman (1918-1988), K. Eric Drexler ve Richard Smalley (1943-2005) ile başlamıştır. Nanoteknoloji genel anlamda “atomik hassasiyetle bir şeyler yaratmak” anlamına gelmektedir. Bu teori 1959 yılında ünlü fizikçi Richard Feynman tarafından tasarlanmıştır.

Feynman, Amerikan Fizikçi Cemiyeti toplantısında “There’s Plenty of Room at the Bottom- An Invitation to Enter a New Field of Physics” başlığı altında yapılan konuşmada atomun istenen birçok şekilde düzenlenebileceğini öngörmüştür. Bir toplu iğne ucunun başının 1 inçin 1/16’sı kadar olduğu dikkate alındığında, bir Britannica Ansiklopedisindeki tüm yazıların 25000 defa küçültülerek bir toplu iğne ucunun kapladığı alana sığdırılabileceği belirtilmiştir.⁴ Feynman’ın 1959 yılında yaptığı bu konuşması sonrasında, 60’lı yılların başlangıcında kafes şekilli maleküllerin varlığı öngörülmüştür, ancak sadece 1985’te lazer ışınlamasından sonra ilk fullerene laboratuarda keşfedilmiştir. 60 karbon atomundan oluşan fullerene (C60) tekli ve çiftli C-C bağlantılar beşgen ve altıgen simetrelidir (Şekil 2.1.) toplarına benzemektedir.⁵

⁴ RICHARD P. FEYNMAN, “There's Plenty of Room at the Bottom An Invitation to Enter a New Field of Physics”, 2

⁵ Е.ПРАЗДНОВА Фуллерены: неожиданные биологические свойства углеродных наночастиц



Şekil 2.1 : a. Karbon Nanotüp b. FullereneC60 c. Futbol Topu

1970’li yılların sonuna doğru nanoteknolojinin gelecek dönemler için en önemli teknolojiler arasında yer alacağı düşüncesi yerleşmiştir. Bir terim olarak nanoteknoloji, ilk Japon bilim adamı Norio Taniguchi’nin 1974 yılında “On the Basic Concepts of Nanotechnology” makalesi kapsamında kullanılmıştır. Taniguchi’ye göre nanoteknoloji “atom veya moleküllerine ayırma, birleştirme, bozma süreci” olarak açıklanmıştır.⁶ Eric Drexler 1986 yılında yayınlanan “Engines of Creation” kitabında atomlar sayesinde canlı organizmalardan daha küçük ve makinelerden daha dayanıklı ve hafif nano boyutta makinelerin üretilmesinin mümkün olduğunu söylemiştir. Nanoteknoloji terimi 1974 yılında Norio Taniguchi tarafından kullanılmasına rağmen, Taniguchi’nin nanoteknoloji açıklaması bu kavramı farklı bir bağlamda ele almıştır.

1975 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulusal Bilim Vakfı, 1-100 nanometre arasındaki boyutlarda gerçekleştirilen araştırmaların ve teknolojik gelişmelerin, kimi zaman 1 nm altına düşebileceği veya 100 nm’nin üzerine çıkabileceği belirtmiştir.⁷ Bu dönemde 1 nm’nin altına yapılacak çalışmalar için

⁶ D. FAINFAIR – S. DESAI – C. KELTY, “The Early History of Nanotechnology”, 16.

⁷ Y. TURKAN, “Nanoteknoloji Yatırımlarının Maliyetlere Etkisi”, 655.

üniversitelerde araştırma-geliştirme tesislerinin kurulmasına karar verilmiştir. Dünyanın en saygın üniversitelerinden Massachusetts Institute of Technology (MIT) gibi pek çok üniversitede mikron düzeyinden daha küçük boyutlarda araştırmalar yapabilecek öğrenciler yetiştirmek amacıyla bölümler ve kurslar açılmıştır.

Atomik ölçekte yüzeylerin yüksek çözünürlüklü topografileri veren Taramalı Tünelleme Mikroskopi (TTM) 1981 yılında G.Binnig ve H.Rohrer tarafından keşfedilmiştir. Taramalı Tünelleme Mikroskopi, nesnelerin yüzeyleri nano boyuttaki atomların tek tek görüntülenmesi ve incelenmesini sağlamaktadır.⁸ Atomik Kuvvet Mikroskopi fikri ilk defa Binnig tarafından 1985'te ortaya atılmış ve bir sonraki yılda prototipi geliştirilmiştir.⁹ Böyle bir konsol yayının nanometreden bile düşük boyutlarda yer değiştirmeleri algılayarak atomik ölçeği görüntüleyebileceğini göstermişlerdir. Ayrıca uygulanan kuvvetin atomları kendi aralarındaki bağlardan ve konumlarından dışarı itecek kadar büyük olmadığını görmüşlerdir. Böylece günümüzde kullanılan Atomik Kuvvet Mikroskopunun ilk temelleri atılmıştır.

Bu gelişmeler ardından 1980'lerin sonundan itibaren Almanya, Japonya ve ABD başta olmak üzere birçok ülkenin nanoteknolojiye yönelik yatırımlarının arttığı görülmektedir. 1997 yılında Almanya'da Eğitim ve Araştırma Bakanlığı nanoteknolojiyle ilgilenen şirketlere özel fonlar sağlamaya başlamıştır. 2000 yılında ABD'de Clinton hükümetine Ulusal Nanoteknoloji Girişimi kurularak, bu kuruma araştırma-geliştirme faaliyetlerine yüklü miktarlarda finansal fon sağlama sorumluluğu verilmiştir.¹⁰ 2005-2006 yıllarından sonra Çin, Rusya, Güney Kore gibi ülkelerin de nanoteknoloji araştırmalarına endüstriyel yatırımlar yapmaya başladıkları gözlemlenmiştir.

⁸ G. BINNIG – H. ROHRER, “Scanning tunneling microscope”, 236.

⁹ D. RUGAR – P. HANSMA, “Atomic Force Microscopy”, 23.

¹⁰ Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı 2017-2018, 8

Türkiye’de 21. yüzyılın başında Vizyon 2023 Strateji Belgesi’nde nanoteknoloji alanındaki hedefler ortaya konmuştur. Bu alanlar arasında nanofotonik, nanoelektronik, nanomanyetizma, nanomalzeme, nanofabrikasyon, nanobiyoteknoloji yer almaktadır.¹¹ Türkiye’deki nanoteknolojinin genel olarak medikal ve tekstil sektörlerindeki gelişmeler öncülüğünde ilerlediği görülmektedir. Türkiye’deki temeli, patent eksikliği, uzmanlarının yetersiz olması nedenleriyle gelişmiş ülkeler düzeyine henüz ulaşamamıştır.¹² Buna rağmen 2000’li yıllarda nanoteknoloji araştırmalarının kalkınma planlarında yer aldığı ve üniversitelerin de bu alanda faaliyetlerinin olduğu görülmektedir.

Nanoteknoloji, Devlet Planlama Teşkilatı tarafından 2007-2013 yılı için öncelikli teknoloji alanları arasında hazırlanan son Kalkınma Programına dahil edilmiştir, ancak bu dönemde Türkiye’de nanoteknoloji araştırmalarını desteklemek için hiçbir özel politika girişimi, programı, tahsis edilmiş bütçe veya fonlama planı başlatılmamıştır.¹³ Bununla birlikte Türkiye’de nanomateryal bilimi ve teknolojileri araştırmalarını desteklemek için atılan adımlar vardır. Bunları, DPT’nin finansman sağladığı nanomateryal bilimi ve teknolojileri ile ilgili araştırma merkezleri ve enstitülerinin kurulması, lisansüstü nanoteknoloji programları ve nanoteknoloji araştırma ve geliştirme için akademiye ve sektöre sağlanan kamu fonları projeleri olarak sıralanabilir.

¹¹ Vizyon 2023 Ulusal Bilim ve Teknoloji politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu 2004, 19-20

¹² D.KAHRAMAN, *Türkiye’de Nanoteknoloji Alanında Yapılan Çalışmalar Üzerine*, 2

¹³ B. BEYHAN – M.T. PAMUKÇU, “Nanotechnology Research in Turkey: A University-Driven Achievement”, 8-9

Nanomateriyal bilimi ve teknolojisi alanında araştırma ve uygulama merkezlerinin kurulması için gösterilen çabalar giderek artmıştır. Resmi Gazetede 2004 yılından günümüze adlarında ‘nano’ ön eki bulunan altı araştırma merkezinin veya enstitünün kurulduğu görülmektedir. Tablo 2.1’de bu merkezlerin ve enstitülerin listesi gösterilmiştir. 2006 yılında yeni kurulan “Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi”nin nanoteknoloji alanında kurullar ve yönetmeliklerle araştırma yapma hedefi açıklanmıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde (ODTÜ) kurulan Merkez Laboratuvarı, sadece bu üniversitedeki araştırmacılara değil, aynı zamanda nanoteknoloji alanında çalışan diğer üniversitelerden ve firmalardan ortaklara en gelişmiş enstrümantasyon sağlamaktadır.¹⁴ Ayrıca Ankara’daki Gazi Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi ile İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü kendi nanoteknoloji laboratuvarlarını kurmuşlardır.

Tablo 2.1 Türkiye’deki İlk Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezleri

Nanomateriyal Bilimi ve Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezleri ve Enstitüleri	Kuruluş Tarihi
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi	24 Mayıs 2004
Bilkent Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü	8 Mayıs 2007
Marmara Üniversitesi Nanoteknoloji ve Biyomateriyal Uygulama ve Araştırma Merkezi	24 Haziran 2008
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Nanobilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi	19 Haziran 2009
Gazi Üniversitesi Nanotıp ve İleri Teknolojiler Araştırma ve Uygulama Merkezi	16 Haziran 2009
Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi	4 Haziran 2010

¹⁴ A.g.m. BEYHAN , 9.

Türkiye’de kurulan nanoteknoloji araştırma ve uygulama merkezlerinin günümüzde diğer gelişmiş ülkelere göre ticari nitelik kazanamadığı ve yeterince yaygınlaşmadığı bir gerçektir. Bu gerçeğin ardında yatan nedenlerin temelinde üniversite, sanayi ve devlet işbirliğinin ve desteklerin yeterli olmaması bulunmaktadır. Aydoğan-Duda (2012) “Making it to the Forefront ” adlı kitabında, Türkiye’de nanoteknolojinin yaygınlaşmasına ilişkin engelleri şu şekilde sıralamıştır:

- Üniversitelerde yapılan araştırmalarda güçlü bir teorik odaklılığının olması,
- Üniversite profesörlerinin terfileri için teorik araştırmaların önemi,
- Üniversite ve sanayi arasındaki arayüz eksikliği,
- Akademisyen-girişimciler için destekleyici bir kültürün eksikliği,
- Nitelikli işgücü eksikliği,
- Uygulayıcıların üniversite araştırmacılarına yönelik önyargıları,
- Risk sermayesinin yetersizliği,
- Büyük fon gerektiren projeler için finansman ajanslarının eksikliği,
- Kuluçka merkezlerinin eksikliği,
- Patent ve telif hakkı yasalarının gelişmemiş olması,
- Türk malı ürünlerine yönelik güvenin zayıf olması,
- Ucuz ithalat rekabeti,
- Tamamen operasyonel olan sanayi kümelerinin eksikliği,
- Ülkenin sanayi bölgeleri ile az gelişmiş kesimi arasındaki kopukluk.¹⁵

Nanoteknolojinin, özellikle daha önceki farklı teknoloji yoğun endüstriler arasındaki yakınlaşmayı teşvik ederek, birçok endüstriyel sektörü dönüştürme potansiyeline sahip bir platform teknolojisi olduğu konusunda genel bir fikirbirliği bulunmaktadır.

¹⁵ Neslihan AYDOĞAN-DUDA, “Making it to the Forefront” *Innovation, Technology, and Knowledge Management*, 54.

Nanoteknolojinin disiplinler arası bilimsel gelişmeleri kapsayan disiplinler arası doğası da sürekli vurgulanmaktadır. Nanoteknoloji hakkında yeniliğin ve çoğu zaman asimetrik bilginin birleşimi, güncel bilginin büyük olasılıkla bir teknoloji yenilik sisteminin bireysel üyeleri yerine organizasyon ağlarında bulunacağını düşündürmektedir. Bu tür ağlar şahısları, firmaları, üniversiteler araştırma enstitülerini, risk sermayecilerini ve kamu politikası ajanslarını içerebilir.

2.2. Nanoteknoloji Tanımı

Yunancada cüce anlamındaki “nanos” sözcüğünden türeyen nano terimi, bir metrenin milyarda birine karşılık gelmektedir. Sembolü (nm) dir. 1 nm 8 oksijen atomu barındırmaktadır. Dolayısıyla nanometre boyutundaki bir nesnenin ne derece küçük olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu boyutların atomik ve moleküler düzeye yakın olması nedeniyle nanoteknolojiye yönelik yapılan tanımlar bu kavramları içermektedir. Nanoparçacık- 0.1 ila 100 nm arasında boyutlara uyan bir nanomalzemenin (atomlar, moleküller, iyonlar, bileşikler) yapısının bir elementidir.

Eski zamanlarda 1 parmak, 1 kulaç gibi ölçü birimleri kullanılmıştır ve zamanla bu birimlerde değişiklikler olmuştur. Arşın ölçü birimi, Fransa'da 1790'da ve Türkiye'de 1931 yılında kaldırılıp, yerine metre standart sistemi kabul edilmiştir. “SI” olarak ifade edilen Uluslararası Birimler Sistemi (Système International d'Unités) 1971 yılında düzenlenen 14. Ağırlık ve Ölçme Genel Konferansı'nda , 7 temel (uzunluk, kütle, zaman, elektrik akımı, termodinamik sıcaklık, madde miktarı ölçüsü ve ışık şiddeti) ölçü temel birimleri belirlenmiştir. Bu Temel Birimler şu şekillerde tarif edilmektedir:

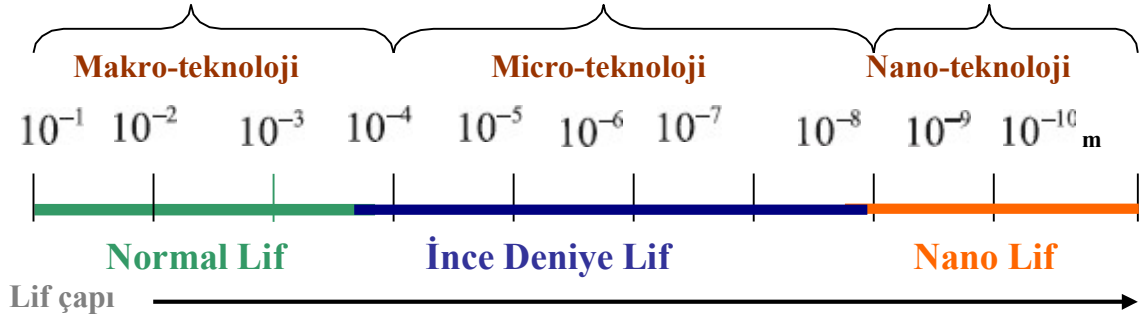
Tablo 2.2 : “SI” Birimler Sistemi¹⁶

Faktör	İsim (ing.)	Sembol	Faktör	İsim(ing.)	Sembol
10 ¹	deka(deca)	da	10 ⁻¹	desi(decı)	d
10 ²	hekto(hecto)	h	10 ⁻²	santi(centı)	c
10 ³	kilo	k	10 ⁻³	mili(mıllı)	m
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁶	mı kro(mıcro)	μ
10 ⁹	gıga	G	10 ⁻⁹	nano	n
10 ¹²	tera	T	10 ⁻¹²	pıko(pıco)	p
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹⁸	eksa(exa)	E	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ²¹	zetta	Z	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ²⁴	yotta	Y	10 ⁻²⁴	yocto	y

Nanoteknoloji sayesinde küçük yapıları tasarlayarak temelde yeni özelliklere ve işlevlere sahip malzemeler, cihazlar ve sistemler oluşturmak amaçlanmaktadır. Nanometre boyutu, malzeme özelliklerini ekonomik olarak değiştirmek için önemli bir sınır olup, üretim ve moleküler tıp için en verimli uzunluk ölçüğüdür. Aynı ilke ve araçlar, farklı disiplinler için de geçerlidir ve nano ölçekte bilim, mühendislik ve teknoloji için birleştirici bir platform oluşturulmasına yardımcı olabilir. Tek atomlardan veya molekül davranışlarından atomik ve moleküler sistemlerin kolektif davranışa geçişi doğada görülmekte ve nanoteknoloji bu doğal eşiği kullanmaktadır.

Farklı boyutlara ait üretim/işleme teknolojileri ile ilişkili boyutlar Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.

¹⁶ <https://www.enerjiportali.com/enerji-birimleri-nelerdir/>

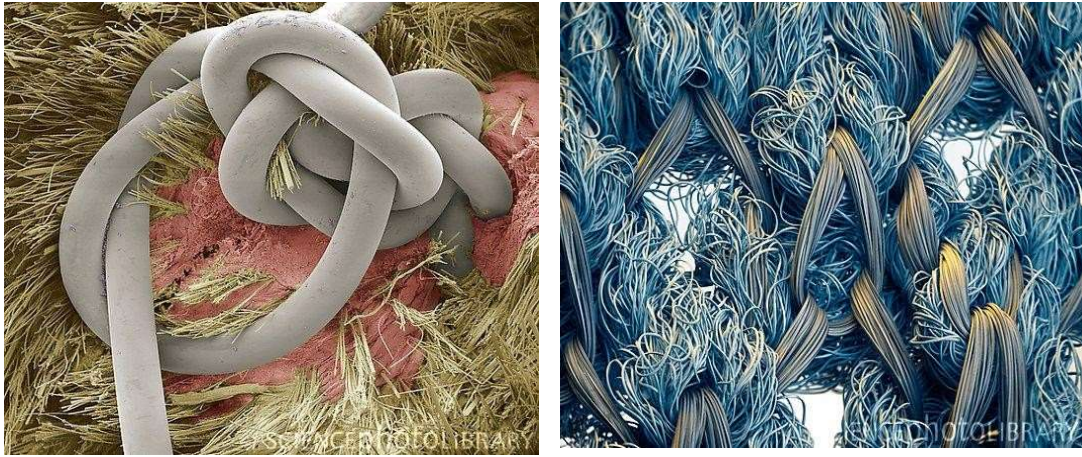


Şekil 2.2 : Lif Büyüklüğü ve İlişkili Üretim/İşleme Teknolojileri

Nanoyapı terimi atomik, moleküler veya makromoleküler bir yapı anlamına gelmektedir ve spesifik bir özelliğe sahiptir. Nanoyapı özel bir fonksiyon sağlamakta veya yapının nano ölçekli fiziksel boyutuna benzersiz bir şekilde atfedilebilen özel bir etki ortaya çıkarmaktadır. Nano ölçekli boyuttaki bileşikler, elementler, kompozitler ve kompozisyonlar, bu tür bileşiklerin, elementlerin, kompozitlerin ve kompozisyonların özellikle farklı şekildeki konfigürasyonlara (örneğin fullerenler) sahip olmadıkça sınıflandırılabilirdiği ABD Patent Sınıflandırma sistemine (USPC) yerleştirilmektedir.¹⁷ Bu konfigürasyonlar nano ölçeğe ait temel kimyasal veya fiziksel özelliklerin değiştirilmesiyle ilgili nanoyapısal yapıya özgü özellikler veya işlevler sağlayan üretim sırasında oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle ABD Patent Ofisi (USPTO)'ne göre nanoteknolojinin; farklı konfigürasyonlardaki nanoölçek boyutunda bileşen ve yapıların üretimi ve işlenmesi ile farklı bileşenlere, yapılara ve sistemlere entegrasyonu olduğu söylenebilir.

¹⁷ USPTO, Class 977: Nanotechnology, 1

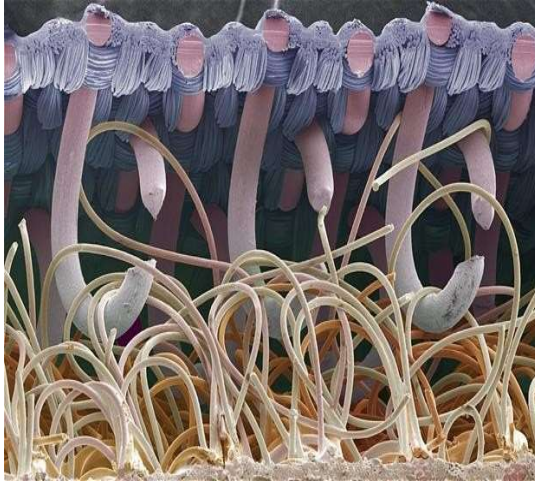
Gittikçe küçülen boyutlardaki radyo, cep telefonu ve benzeri cihazlar, nanoteknoloji aracılığıyla üretilen yapıların meydana getirdiği inovatif ürünlerdir. Nanobilim ve nanoteknolojide kuantum etkilerini içeren fiziksel araştırmalar yanı sıra atomik düzeyde görüntülemek, angström boyutlarında (10^{-10} 'den küçük) materyal üretmek, materyallerin yapısında atomik düzeyde kontrol sağlamak, kızılötesi ve morötesi radyasyon karşısında dayanıklı materyal ve özel amaçlı cihazlar geliştirmek mümkündür. Ayrıca elektron mikroskopu gibi nanometre boyutundaki nesnelerin ve organizmaların fotoğraflanabilmesi, günlük yaşamda görülemeyen bu nesne ve organizmaların varlığı tespit edilebilmektedir (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3 a. Yaradaki Dikiş
(Boyut: 35mm boyut 16 kat büyütülmüş)

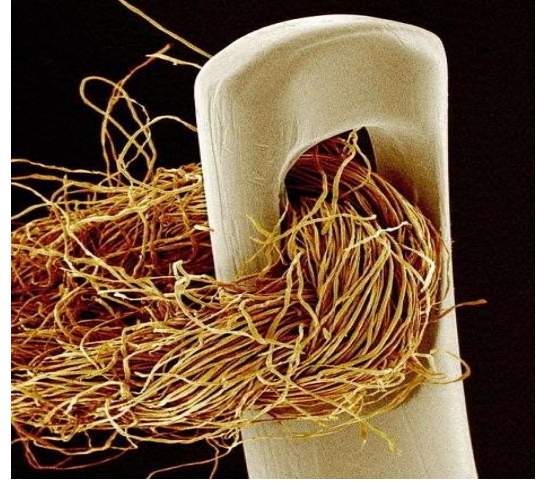
b. Futbol Forması Kumaşı¹⁸
(40 kat büyütülmüş)

¹⁸ a. <http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/>
b. <http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/>



Şekil 2.4. a. Yapışkanlı Cırt Cırt

6x7 cm boyutunda 15 kat büyütülmüş



b. İğne Deliğinden Geçen İplik¹⁹

35 mm boyutunda 16 kat büyütülmüş

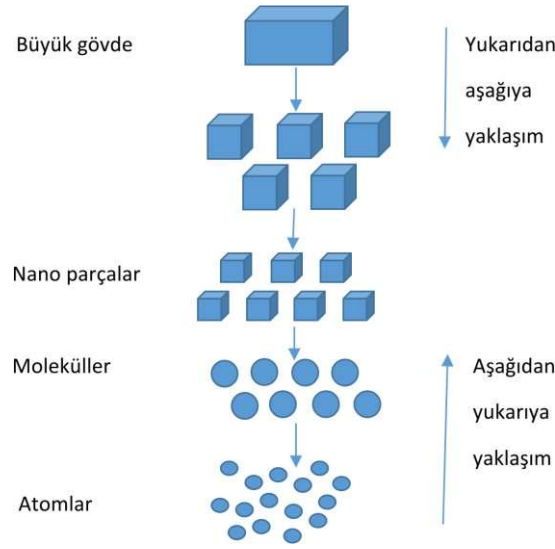
Nanoteknoloji ile ilgili çalışmalar yapan bilim adamlarının, 1 ile 100 nm ölçeği içerisinde kalacak şekilde malzeme ve aygıt üretmek üzere yapmış oldukları deneylerde yukarıdan-aşağı (top-down) ve aşağıdan-yukarı (bottom-up) yaklaşımlarının şekilsel gösterimi Şekil 2.5'te verilmiştir.

Teknik ürünlerin minyatürleştirilmesi, XX. yüzyılın sonlarında ve XXI. yüzyılın başlarında teknik sistemlerin geliştirilmesinde itici güçlerden biri haline gelmiştir. Yukarıdan aşağı yaklaşımda, hacimsel olarak materyallere mekanik ya da kimyasal işlemler aracılığıyla dış etkilerle enerji verilmekte ve materyalin nano boyuttaki parçalara küçültülmesi sağlanmaktadır. Yukarıdan aşağı yaklaşımla mekanik öğütme ve aşındırma gibi işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu üretim

¹⁹ a. <http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/>

b. <http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/>

yöntemleri geleneksel yöntemlere göre daha fazla enerji tüketimine neden olmaktadır.²⁰



Şekil 2.5 : Yukarıdan Aşağıya ve Aşağıdan Yukarıya Yaklaşım Şeması

Şekil 2.5'te de görüldüğü gibi aşağıdan yukarıya yaklaşımında ise, atomlar ya da moleküllerin kimyasal reaksiyonlar aracılığıyla boyutlarının artarak partiküllere ve hacimsel materyallere dönüştüğü, bu süreçte enerjinin açığa çıktığı görülmektedir. Nanokristal metal ve alaşım üretimi bakımından kullanılan ilk aşağıdan yukarı yöntem gaz yoğunlaştırmadır. Aşağıdan yukarı üretimde kullanılan diğer örnekler kimyasal buhar kaplama, kimyasal buhar yoğunlaştırma, sol jel ve sprey piroliz şeklinde sıralanmaktadır.²¹

²⁰ S. GÜRMEŒ – B. EBİN, **Nanopartiküller ve üretim yöntemleri-1**, 32.

²¹ A.g.m., 32.

2.2.1. Nanoteknolojiye Felsefi Bakış

Felsefe prensiplerine göre her teknoloji, bir madalyonun iki yüzü olduğu gibi iki farklı sonucu barındırmaktadır. Frederich Engels'in belirttiği gibi bilimsel ve teknolojik gelişmeler her yönüyle başlangıçta her zaman belirli avantajlar ve parlak sonuçları ile iddialı konumda olurlar, ancak ikinci ve üçüncü türevler (ayrı ayrı sonuçlar) olumsuz olabilir ve birçok durumda ilk gösterdiği olumlu etkiyi ortadan kaldırmaktadır. Bu durum; bir önceki yüzyılda ve günümüzde nükleer güç ve enerji, GDO'lu ürünler, küresel digitalleşme ve internetin gelişmesi gibi alanlarda kendini göstermiştir. Bilim adamlarının, kamu kuruluşlarının, hükümetlerin katılımı ile olumsuzluklar giderilmiş ve giderilmeye devam etmekte, olumlu yönleri de gündelik hayatın bir parçası olma yolunda devam etmektedir.

Nanoteknoloji yalnızca çok disiplinli bir bilim alanı değil, aynı zamanda madalyonun ikinci yüzündeki güvenlik sorunları, insan faaliyetlerine ve çevreye etkileri açısından da birçok sektörü ilgilendiren bir teknolojidir. Nanoteknolojiyle ilgili çalışmalar ortaya koyan pek çok uluslararası kuruluş nanoteknolojik gelişmeler, uygulamadaki önemi, geridönüşümsüz yapısı ve güvenli kullanıma dikkat çekmektedir. Ayrıca insanların insanlar için ürettiği teknolojinin sosyal bir olgu olması, nanoteknoloji felsefesine çevre, sağlık, politik etkileri de dahil etmektedir.

Nanoteknolojinin toplumsal etkileri, yeni nanoteknolojik cihaz ve malzemelerin geliştirilmesi sonucunda toplum ve insan etkileşimi için taşıyabileceği potansiyel faydalar ve zorluklardır. Birinci nesil nanomalzemelerle ilişkili insan sağlığı ve çevre üzerindeki toksisite risklerinin ötesinde, nanoteknoloji daha geniş toplumsal çıkarımlara sahiptir ve daha geniş sosyal zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Sosyal bilimciler nanoteknolojinin sosyal perspektiften sadece "aşağı" riskleri veya etkileri olarak anlaşılmasını ve değerlendirilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir. Aksine, sosyal hedefleri karşılayan teknoloji gelişimini sağlamak için zorluklar

“yukarı akış” araştırma ve karar verme sürecine dahil edilmelidir.²² Sivil toplumlardaki birçok sosyal bilimci ve kuruluş, teknoloji değerlendirmesi ve yönetişiminin halk katılımını içermesi gerektiğini önermektedir.

Son yıllarda birçok işletmenin, hükümetlerin, bilim adamlarının nano ölçekli kimyasallar açısından ticarileştirme yarışına girdikleri görülmektedir. Nanoteknolojinin gelişmeye başladığı ilk dönemlerde mikroelektronikten nanoelektronığe geçişin güvenlik sorunlarına yol açmadığı gözlemlenmiş ancak zamanla nanoteknolojinin ilaç, gıda, tekstil, kozmetik sektörlerinde yaygınlaşmasının insan sağlığı açısından potansiyel risklerini gündeme getirmiştir.

Bağımsız bilim adamları tarafından yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen kanıtlar, yeni teknolojik devrimin insan sağlığı/güvenliği ve çevreye yönelik bir tehdit oluşturabileceğini ve gelecekte ciddi sosyal, ekonomik ve etik sorunlara neden olabileceğini göstermektedir. Nanoteknoloji geliştiren, üretime sokan, ürün üreten ve piyasaya sürenler, nanoteknoloji ve nano ürünlerden kaynaklanan olası olumsuz sonuçları incelemek için kaynak sağlama ve gerekli tedbirler alma eğiliminde değildir. Nanoteknolojinin risklerini tanımlamak, azaltmak ve nano teknolojiyi izlemek için bilimsel temelli, objektif, etik, yasal mekanizmaları acil olarak geliştirmek nanoteknolojiyi geliştirenler değil, bilim adamları, tüketiciler, hükümetler ve sivil kuruluşların görevidir.

Geçmişte yaşanan teknolojik devrimlerin hatalarını tekrarlamaktan kaçınmak için risklerin izlenmesi ve en aza indirme mekanizmaları gereklidir. Nanoürünlerin üretimi ve pazardaki mevcut durumun tatmin edici olduğu söylenemez, çünkü bazı işyerinde ve laboratuarlarda, işçilerin ve çevrenin güvenliği için yeterli önlemler alınmadan çalışmaların gerçekleştirildiği ve nanoürün tüketicilerinin potansiyel riskler konusunda tam olarak bilgilendirilmediği (örneğin uygun etiketlemenin

²² M. KEARNES – R. GROVE-WHITE – P.MACNAGHTEN – J. WILSDON, B. WYNNE. “From bio to nano: learning lessons from the UK agriculture biotechnology controversy”, 19.

yapılmadığı) görülmektedir. Bu durum, son yüzyılda nükleer güç ve biyomühendisliğin hayata girmesi ile yaşanan duruma benzemektedir.²³ Nanomalzemeler ve ürünler, kontrol sistemleri, izleme ve tespit cihazları ile çevrede dönüşümü tespit etme araçları ve yöntemleri olmadan doğa üzerindeki etkilerini sistematik olarak incelemeksizin çevreye atılmaktadır.

Nanoteknolojinin olumsuz etkileri ile ilgilenenler, mevcut sosyo-ekonomik eşitsizlik ve eşit olmayan güç dağılımlarından kaynaklanan sorunları basitçe artıracaklarını ve kaçınılmaz bir nano-bölünme yoluyla zengin ve yoksullar arasında daha büyük eşitsizlikler yaratacaklarını öne sürmektedir. Bu sosyal endişe, yeni nanoteknolojileri kontrol eden kurumlar ile ürünleri, hizmetleri veya işgücü nanoteknoloji tarafından değiştirilenler arasındaki boşluktan kaynaklanmaktadır. Analistler, nanoteknolojinin bir nano silahlanma yarışı ve biyo-silah potansiyeli artışı yoluyla uluslararası ilişkileri istikrarsızlaştırma potansiyeline sahip olduğunu, bu nedenle her yerde gözetim için sivil özgürlükler üzerinde önemli etkileri olan araçların sağlanması gerektiğini belirtmektedirler. Ayrıca birçok eleştirmen, nanobiyoteknolojinin yaşam ve yaşam dışı arasındaki engelleri yıkabileceğine ve insan olmanın ne anlama geldiğini yeniden tanımlayabileceğine inanmaktadır.²⁴ Kısacası nanoteknoloji hakkındaki etik endişeler konusunda böyle köklü bir dönüşümü sağlayan teknolojinin zengin ve fakir kesimler arasındaki eşitsizliği daha da kötüleştirebileceğini öne sürmüşlerdir. Ancak nanoteknolojinin; bilgisayarlar, cep telefonları, sağlık teknolojisi vb. teknoloji ürünlerinin üretimini daha ucuz ve ulaşılabilir kılması nedeniyle her kesimden bireyin bu ürünlere erişimine kolaylaştırması mümkündür.

Bugün için çoğu ülkenin hükümetleri ve nanoteknoloji geliştiricileri dünyadaki “nanoteknolojiyi” nasıl yönetecekleri ve bunların barışçıl, kontrollü hale

²³ <https://refdb.ru/look/2433169-pall.html>

²⁴ ETC GROUP, “The Little Big Down: A Small Introduction to Nano-scale Technologies”, 6.

getirilmesi için alınacak önlemlerin nasıl alınacağı konusunda karar vermek için kamu ve bağımsız ve yetkin uzmanlara başvurmamaktadır. Nanoteknoloji riskleri konusunda eğitim ve uzman yetiştirme programları mevcut değildir. Bu noktada nanoendüstrinin işçileri nano-endüstriden koruma sorununun önemi açısından, doğal bir lif olan asbest üretiminin tarihi insanlık için örnek teşkil etmektedir:

- 1898 – İngiliz fabrikanın müfettişi L. Din asbestin zararlı etkileri konusunda uyarmıştır.
- 1906 – Fransız tekstil fabrikası, asbest lifi ile çalışan kadın işçileri arasında 50 ölüm bildirmiştir.
- 1911 – Sıçanlarda yapılan deneylerde asbestin zararlı etkileri gösterilmiştir.
- 1911, 1917 ve 1918 – İngiliz sanayicileri, asbestin zararlı etkilerine dair kanıtları yetersiz bulmuşlardır. ABD sigorta şirketleri işçilerin iddialarını reddetmiştir.
- 1930-1931 – Rochdel fabrikasındaki (İngiltere) işçilerin % 66'sının asbestle temasın etkileri nedeniyle hayati tehlikeye maruz kaldıkları tespit edilmiş, İngiltere'de asbest toz seviyesini kontrolü ve işçilere tazminat ödenmesi kontrol altına alınmıştır.
- 1935-49 – Asbestle temas eden işçilerde çok sayıda akciğer kanseri vakası tespit edilmiştir.
- 1959-64 – İngiltere'de, Amerika Birleşik Devletleri'nde, Güney Afrika'da ve diğer ülkelerde asbestle temas edenlerin plevral kanser vakaları tespit edilmiştir.
- 1982-89 – İngiltere'de basın ve sendikaların baskısı ile asbest kontrolü sıkılaştırılmış, asbest yerine kullanabilecek maddelerin arayışına başlanmıştır.
- 1998-99 – Avrupa Birliği ve Fransa, her türlü asbestin kullanımına ilişkin yasaklama getirmiştir.
- 2000-2001 – DTÖ AB yasağını desteklemiştir.²⁵

²⁵ Кричевский Г.Е., **Нанотехнология Текстильной Промышленности**, 67.

2.2.2. Nanoteknolojik Malzemelerin Yüzey Özellikleri

Doğa bilimiyle ilgilenen araştırmacılar, pek çok yıl boyunca doğanın incelenmesi ve keşiflerin bulunmasına aracılık etmişlerdir. Doğa, barındırdığı pek çok sır ve çözümlerle sınırsız bir kaynak olarak kabul edilmektedir. İnsanlık tarihinde üretilen ilk ilaç veya ilk boya gibi materyaller, doğada mevcut bitkiler ve çiçeklerden üretilmiştir.²⁶ Biyomimetik bilimi (Yunanca *Bios* -"hayat" ve *Mimesis* - "mimik", "taklit"), canlı doğayı örnek olarak, hayatımızı kolaylaştırarak çözüm getirmeyi amaçlayan yeni bir bilim dalıdır.²⁷ Biyomimetik (biyotaklit), karmaşık sorunların çözümünde sistemlerin ve doğaya ait unsurların (bitkiler, hayvanlar vb.) taklit edilmesi olarak tanımlanabilir. Biyomimetik üç farklı alanı kapsamaktadır: *biyolojik biyomimetik* - biyolojik organizmaları, süreçleri, olayları inceler. İkincisi, *teorik biyomimetik* - incelenen doğal elementlere dayanan genelleştirilmiş modeller oluşturur, ve son olarak, - *teknik biyomimetik*- bu genel modellerin insanın pratik faaliyetlerinde uygulanması üzerinde çalışmaktadır. Biyomimetik malzeme üretimine yönelik örnekler aşağıda sıralanmıştır.

Lotus (nilüfer) bitkisi *Nelumbo nucifera* olarak adlandırılan ve Northern Australia, ABD, Hindistan, Persia, Sri Lanka, İndonesia, Tailand, Japonya, Çin'de yetişen bir bitkidir.²⁸ 1970'lerin ortalarında Bonn Üniversitesi'nde botanikçi olan Wilhelm Barthlott ve Christoph Neinhuis, nilüfer yaprağının doğal olarak kendini temizleyen bir bitki olduğunu; yüzeyinde bulunan mikron ve nano seviyesindeki çukur ve tepecikli yapılar sayesinde, bitkinin yapraklarının su-itici bir yüzeyinin olduğunu keşfetmiştir.²⁹ Lotus çiçeğinin sahip olduğu su-itici özellik sayesinde

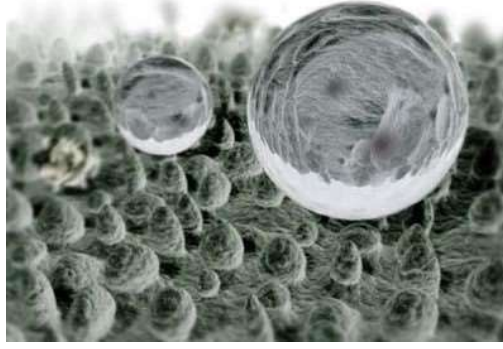
²⁶ Ülku KARAHANLAR, "Dokuma ve Örne Tekstiller Üzerinde Akıllı Uygulamalar", 12.

²⁷ А.ЛЕОНТЬЕВ, Чему можно научиться у геккона.

²⁸ K.BİLLİNG -P.BİLES, *The Lotus Know it and Grow it*, 5

²⁹ В.БАЛАБАНОВ, *Нанотехнологии на основе "эффекта лотоса" в автомобильной промышленности*

araştırmacılar, LOTUSAN adıyla 5 yıl süreyle temiz kalabilen bir dış cephel malzemesi üretmişlerdir.



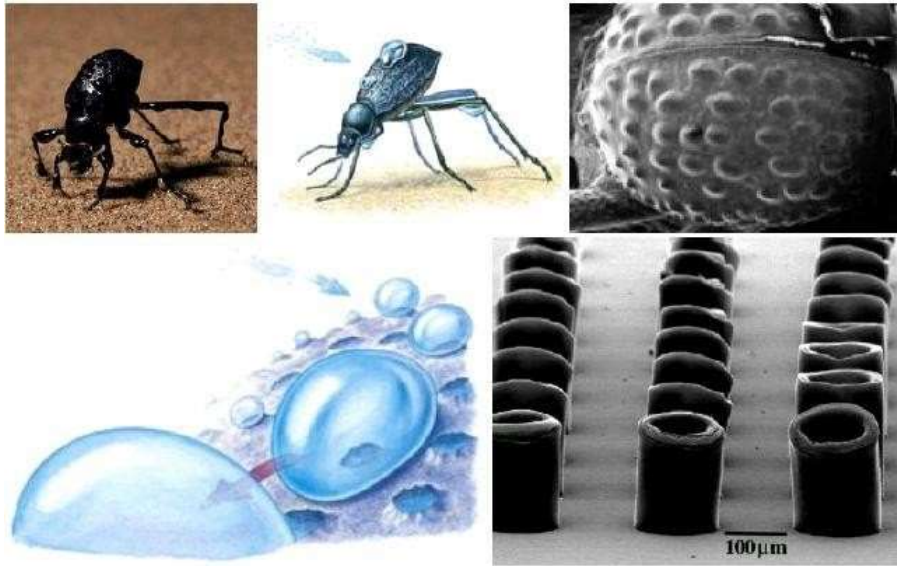
şekil 2.6 : Elektron mikroskopuyla incelenen lotus yaprağının yüzeyi

Taklit edilen lotus yaprağının özelliklerinin kullanımı ile boya, kumaş ve diğer birçok yüzeyin kuru kalmasının yanı sıra kendi kendilerini temizleyebilmeleri sağlanmaktadır. Lotus özellikli yüzeyler, suyun hareketi aracılığıyla temizlenebilen, hidrofob (suyu sevmeyen) ve nanoyapılı yüzeylerdir. Bu yüzeyler aynı zamanda kolay temizlenebilen, “kir itici”, “kire dayanıklı”, “kendi kendini temizleyen” ya da “lotus efekti” ifadeleriyle de tanımlanmaktadır.³⁰

Nanoteknolojide örnek alınan diğer bir tür, sis hasadı olarak adlandırılan ve havadan suyun çekilmesini sağlayan işlemleri gerçekleştiren Stenocara böceğidir. Stenocara çöl böceği, her biri yaklaşık 0,5 mm çapında, 0.5-1.5 mm aralıklarla bir dizi tümsek ile kaplı yapılandırılmış bir yüzeye sahiptir. Bu uzuvların tepeleri ve olukları bulunmaktadır. Bu tümseklerin zirveleri pürüzsüzdür ve örtücü hidrofilik bölge oluşturmazken, oluklar balmumu ile kaplanmış bir süperhidrofobik mikro yapı ile kaplıdır. Sis, büyüyen ve nihayetinde temas alanının tüm hidrofilik bölgeyi kapladığı boyuta ulaşan su damlacıklarının oluşumuna yol açan hidrofilik alanlara

³⁰ E. ÖZDOĞAN – A. DEMİR – N. SEVENTEKİN, “Lotus etkili yüzeyler”, 287.

çekilmektedir. Su damlacığının kütlesi, yüzeye yapışan kılcal kuvvetin üstesinden geldiğinde, damlacık hidrofobik oluklar boyunca ayrılmakta ve aşağı doğru yuvarlanmaktadır.³¹ Araştırmacılar, sis toplayıcıların yüzeyini geliştirmek ve değiştirmek için bu biyolojik türlerin özelliklerini taklit etmeye çalıştılar. Bu modifikasyonlar hidrofilitiklik (yüzeyin suyu emme veya suyun yüzeye yayılmasına izin verme) ve yüzeyin suyu itme kavramlarını içermektedir.³²



Şekil 2.7 : Stenocara Böceği³³

Bilim adamları karbon atomlu nanotüpler ile, böceğin, su itici ve su çekici modelini kullanarak su toplama cihazı geliştirmektedir. Bu cihazın sünger niteliğindeki suyu çekme özellikleri ve enerji gerektirmemesi önemli nanoteknolojik özelliklerdir. Az yağış olan bölgelere su ihtiyacı karşılamak için büyük bir avantajdır.

³¹ A.R. PARKER – C.R. LAWRENCE, “Water captured by a desert beetle”, 33-34.

³² P.GANDHIDASAN – H.I.ABUALHAMAYEL – F.PATEL, “Simplified Modeling and Analysis of the Fog Water Harvesting System in the Asir Region of the Kingdom of Saudi Arabia”, 204.

³³ <https://asknature.org/strategy/water-vapor-harvesting/>

Güney Amerika'da yaşayan Morfo kelebekler parlak, göz kamaştırıcı mavi-yeşil kanatlarıyla ünlüdür. Erkek Morpho kelebeklerinin kanatlarında ışıkla etkileşen ve farklı renkler gösteren karmaşık desenleri bulunur. Kanatlardaki bu desenler benzersizdir, yani her kelebeğin kendine özgü bir deseni vardır.

Uzun zamandır, kimyacılar (tekstil de dahil) tüm malzemelerin renginin sadece boyaların ve pigmentlerin varlığına bağlı olduğuna inanıyorlardı; oysa spektrumun görünür kısmı ışınların bir kısmını emebilir ve filtreler (materyaller şeffafsa) veya kalan dalga boylarını (opaksa) yansıtabilir. Spektrumun malzemelerin yansıttığı kısmı, gözümüzde renk olarak algılamaktadır. Doğa, milyonlarca yıl, nanoölçekli boyutlarda düzenli yapılar nedeniyle renkli maddeler olmadan renk oluşturabilmektedir. Bu boyama mekanizması, sadece optik prensiplere dayanmaktadır.

Morphotex tarafından geliştirilen optik lif, dünyada kromojenik olarak üretilen ve renkli madde içeren ilk tekstil ürünüdür. Üretim açısından birbirini takip eden katmanlarda polyester ve naylon lifi nanoteknoloji ile birleştirilmiş ve kelebeğin kanatlarında bulunan etkinin oluşturulması sağlanmıştır.³⁴ Kumaşlarda boya ya da pigment olmamasına rağmen liflerin yapısı nedeniyle ışık açısı ve şiddetine göre farklı renkler oluşturması sağlanarak tekstil ürünlerin üretimi için gereken malzeme yaklaşımına farklı bir noktadan yaklaşılmıştır.

³⁴ Nuray ERBIYIKLI, “Tekstil ve moda tasarımı açısından bilim ve sanat”, 49.



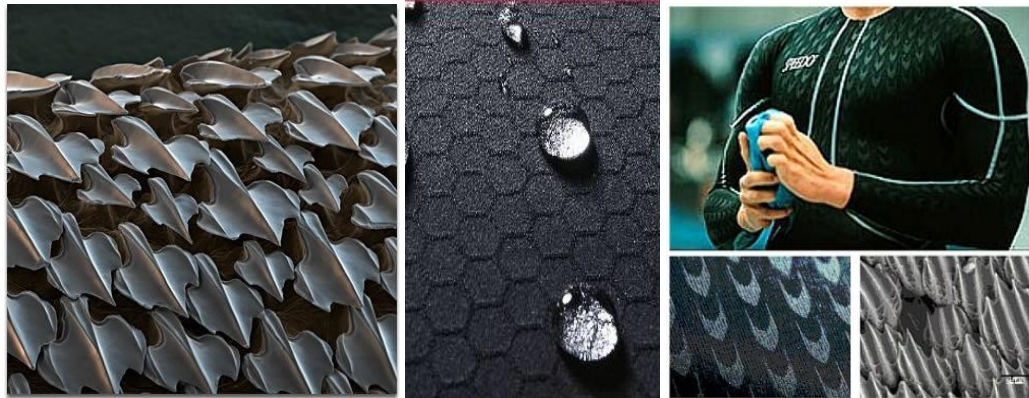
Şekil 2.8: a) Mavi Morpho Kelebeğin Kanadı (Yansıyan Işık), b) Morphotex Tekstil by Teijin Fibers Limited, Osaka, Japan c) Donna Sgro Tarafından Morphotex Tekstilden Tasarladığı Elbise.

Hızlı yüzen köpekbalıklarının derisi hem düşük sürtünme hem de kirlilik önleyici niteliktedir. Köpekbalıkları mikroyapılı pullar, dermal dişlerin fleksiyonu ve mukoza tabakası nedeniyle temiz kalmaktadır. Köpekbalıklarının hayatta kalmaları için daha düşük sürtünme gereklidir. Çünkü köpekbalıklarının avı yakalamak için daha hızlı yüzmesi gerekmektedir. Derideki sıvı akış hızının artması mikroorganizmaların köpekbalığı üzerindeki tutunma süresini azaltmakta ve pulların mikroorganizmalardan daha küçük aralıklara sahip olması ile kirlilik oluşumunu engellemektedir.³⁵ Biyomimetik köpekbalığı derisini esnek bir membrana bağlı sert dişlilerle üretme ve bu esnek yapay köpekbalığı derisinin işlevini biyolojik olarak gerçekçi yüzme koşulları altında inceleme becerisi, köpekbalığı derisinin yüzey

³⁵ G. D. BIXLER – B. BHUSHAN, “Rice and Butterfly Wing Effect Inspired Low Drag and Antifouling Surfaces: A Review”, 4.

pürüzlülüğünün işlevi ve üzerindeki etkisi hakkında daha ayrıntılı bir çalışma yapılmasını mümkün kılacaktır.

Yapılan bir araştırma sonucuna göre, serbestçe yüzen köpekbalıklarının derisi üzerindeki akışın dinamik olarak kabul edilmesi gerektiği gösterilmiştir. Çünkü hem vücudun hem de yüzgeç yüzeylerindeki derinin hareketi sırasında eğimli ve ağır bir şekilde hareket etmektedirler. Bu hareket esnasında su, birçok balık yüzgecini karakterize eden küt (keskin olmayan) ön kenarlardan ayrılmaktadır. 3D baskılı, biyomimetik, esnek köpekbalığı derisi dizaynı, fabrikasyonu ve analizinde elde edilen sonuçlar; köpekbalığı derisi yüzey çıkıntılarının pürüzsüz bir yüzeye göre yüzme performansı üzerindeki etkisinin kritik düzeyde hareket programına bağlı olduğunu göstermiştir. Derinin nasıl hareket ettiğini değiştirmek, etkinin büyüklüğünü ve bazı durumlarda yönünü değiştirmektedir.³⁶ Dolayısıyla köpekbalığı derisine benzer şekilde yapılan ürün tasarımında yüzey özelliklerinin yüzme performansını arttıran önemli bir unsur olduğu ortaya çıkmaktadır. Böylece yüzücülerde hareket ve manevra kabiliyetini arttırarak daha hızlı ve konforlu özelliklerde ürün tasarımları mümkün olabilmektedir.



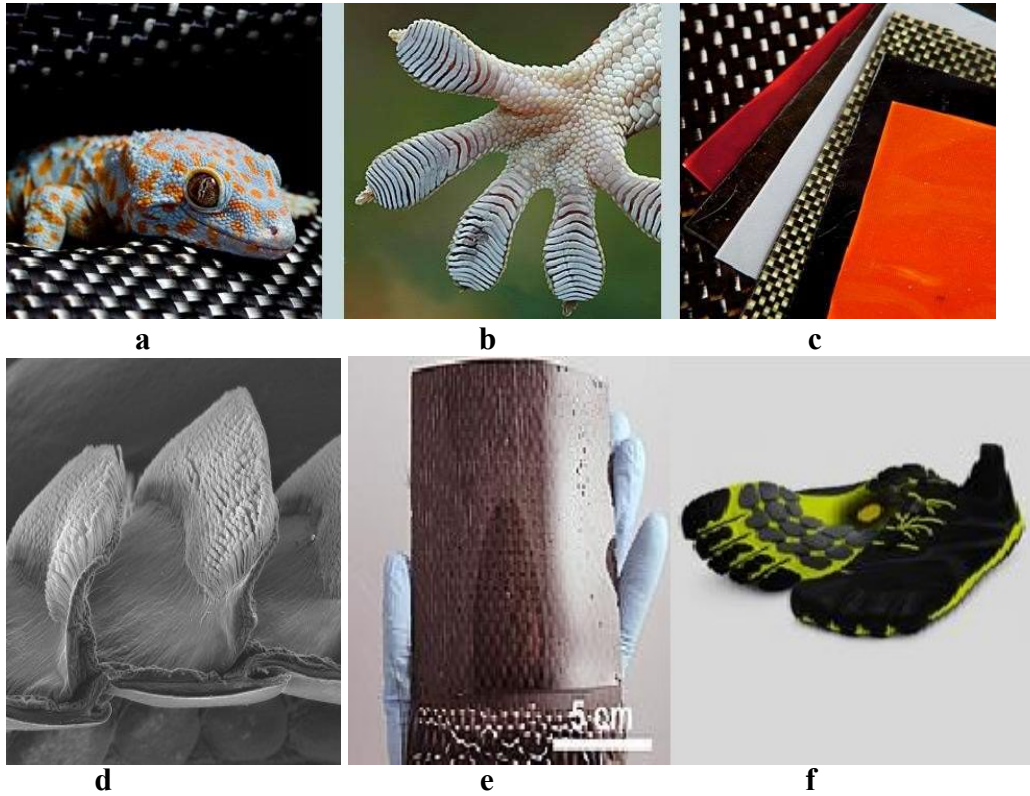
Şekil 2.9 : Köpekbalığı Derisi 'den İlham Alan Sürtünmeye Karşı Kumaş Teknolojisi

³⁶ Li WEN - James C. WEAVER - George V. LAUDER, “Biomimetic shark skin: design, fabrication and hydrodynamic function”, 1656.

Birçok flora ve fauna, hiyerarşik mikroyapılı morfolojileri nedeniyle köpekbalığı derisi ve lotus yaprakları gibi düşük sürtünme ve boya özellikleri sergilemektedir. Bazı yazarlar, pirinç yaprakları ve kelebek kanatları köpekbalığı derisi (düşük sürtünmeye yol açan anizotropik akış) ve lotus yaprağı (süperhidrofobik ve kendi kendini temizleyen) etkilerini birleştirerek pirinç ve kelebek kanat etkisi oluşturduğunu bildirmiştir. Bu yüzeyler fotolitografi, sıcak kabartma ve kaplama teknikleri ile üretilmiştir.³⁷

Kertenkelenin yüzeylere yapışabilmesi ve duvarlarda kolaylıkla yürüyebilmesi, araştırmacıların bu hayvanın ayaklarında bulunan mikroskobik elastik tüyleri taklit edebilecek malzemeler tasarlamasını sağlamıştır. Massachusetts Amherst Üniversitesi'nden bir grup araştırmacı, Van der Waals kuvvetlerini kullanarak Kevlar, naylon veya karbon fiber gibi kumaşlardan yapılan Geckskin kumaş teknolojisi, dikey bir yüzeye ağır bir yük bağlamak için kullanılabilen ve yine de kolayca çıkarılabilen, iz bırakmayan ve yaklaşık 320 kg'lık yükü taşıyabilen bant geliştirmiştir. Bu malzeme kertenkelenin dikey yüzeylerde kolaylıkla yürüyebilmesi gibi, insanların da aynı özelliği elde etmelerini sağlayacak kıyafetler oluşturma ihtimalini doğurmaktadır. Vibram adlı ayakkabı firması geckodan ilham alarak 5 parmaklı "yalınayak" yürüme kavramında bir ayak eldiveni üretmiştir.

³⁷ G. D. BIXLER - A. THEISS – B. BHUSHAN - S.C. LEE, “Anti-fouling properties of microstructured surfaces bio-inspired by rice leaves and butterfly wings”, 114.



Şekil 2.10 : a-b) Gecko ve ayak yapısı c) GeckSkin bant için kullanılan tekstiller, d) Gecko'nun ayakların 200µm boyutundaki görüntüleri , e) GeckSkin bant, f) Vibram ayakkabı ³⁸

Örümcek ipek lifleri de yaklaşık 230°C'ye kadar termal olarak stabil özelliktedir. Yapılan çalışmalarda *Nephila clavipes* örümceğinin termal geçişlerde çok yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğu belirtilmiştir.³⁹ Benzer şekilde Eider ördekleri de, tüylerini kullanarak yuva yapma kabiliyeti sayesinde yalıtım

³⁸ <http://www.fabriclink.com/Consumer/TopTen-2013.cfm>

<https://geckskin.umass.edu/images>, <https://eu.vibram.com/en/our-heritage/about/history/>

³⁹ L.EADIE – T.K.GHOSH, **Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview**, 765.

sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle ördeğin tüylerinin kabarıklığı ve toplanabilirliğini⁴⁰ taklit eden tekstil kumaşları farklı uygulama alanları arasındadır.



Şekil 2.11 : a) Eider Ördeği, b) Eider Ördeği Yalıtım Sistemli Kaban

2.3. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları

Günümüzde nanoteknoloji birçok bilim dalını ilgilendiren, tüm sektörlerde uygulanabilen popüler bir bilimdir. Bu nedenle genel amaçlı teknoloji şeklinde sınıflandırılmaktadır. Nanoteknolojinin kullanım alanlarının geliştirilmesi ile toplumun birçok alanında ve farklı sektörde stratejik role sahip olacağı düşünülmektedir.

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte günlük yaşamda haberleşme ve iletişim alanlarında birçok kolaylıklar sağlanmış, bilgiye erişim hızı artmış ve sistemsel elemanların boyutları azalmıştır. Elektronik ürünlere ait malzemelerde boyutun azalmasıyla hızın önemli düzeyde arttığı görülmektedir. Kuantum teorileri

⁴⁰ Diana GIUREA - Cristian DUMITRESCU, “A Biomimetic Approach To The Use and Generation of Building Materials In Architecture”, 356.

ardından nanoboyut düzeyinde tasarım yapılması fikri ve bunun hızlı bir şekilde uygulamalarla gösterilmesi büyük bir devrim yaratmıştır. Bu avantajlarının yanı sıra, boyutların çok küçük ya da büyük olmasının beraberinde bazı maliyetler getireceği de kaçınılmazdır.

Nanoteknoloji ve imalat endüstrisinde minyatürleştirme eğilimi, mikroelektronik ve bilgisayar endüstrisinde çalışan çoğu kişinin bildiği gelişmelerdendir. Bununla birlikte nanoteknoloji, robotik, biyoloji ve tıp, fiber optik iletişim ağları, havacılık teknolojisi, ileri malzeme teknolojisi, kimya mühendisliği ve hassas üretim gibi diğer bilimsel ve teknolojik alanlara dahil edilmiştir.⁴¹ Bu çalışmada nanoteknoloji hakkında yapılan uygulamalar imalat, bilişim, havacılık, kozmetik, medikal, tekstil gibi sektörlerde incelenmiştir.

2.3.1. İmalat

Günümüzde önemli ve ümit verici bir gelişme de, nanomalzemelerin kompozitlerin bileşenleri olarak çeşitli amaçlarla kullanılmasıdır. Toz metalurjisi yöntemleri ile çelik ve alaşımların üretiminde geleneksel tozlara yapılan nanopowder (hemming) ilavesi, ürünlerin gözenekliliğini azaltabilir, kompleks mekanik özellikleri geliştirebilir

Atomik ve moleküler boyutta üretilen malzemeler, geleneksel yöntemlere göre ortaya çıkan malzemelerden daha sağlam ve hafif özelliktedir. Bu malzemelerin düşük hata düzeyi ve dayanıklılıkları sayesinde pek çok endüstride önemli yenilikler

⁴¹ A.G. MAMALIS, "Recent advances in nanotechnology", 52.

sağlanmaktadır. Benzersiz özellikteki nanotüpler ve kaplama materyallerinin imalat yöntemlerinde gelişme fırsatı sunması beklenmektedir.⁴²

Nanoteknolojinin gelecekte farklı malzemeleri ve araçları imal etme tekniklerinin değişmesi ile nano ölçekteki fonksiyonlara sahip malzemelerin makroskopik malzemelere yerleştirilmesi ve bu malzemelerin neredeyse hatasız imal edilmesi mümkün olacaktır. Nano boyutlardaki malzemelerin kullanılmasıyla imalat süreçlerinde enerji gereksiniminin azalması, artık malzemelerin ortaya çıkmaması gibi avantajlar da söz konusudur.⁴³

İmalat sektöründe nanoteknolojiyle minyatürleştirme eğilimi ve ultra hassas işleme yönelimi olmak üzere iki trend bulunmaktadır. Yüksek hassasiyet süreçleri, imalat sanayinde araba ve uçak motorlarının imalatında, bunların performanslarını iyileştirerek; lens ve ayna gibi optik parçaların imalatında yüksek kaliteli yüzeyler elde ederek hâlihazırda yaygın olarak uygulanmaktadır. Nanometre ölçeğinde gözlemlemek ve ölçüm yapmak amacıyla bu yeteneği sağlayan yeni aletler ve ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Fizik prensipleri kullanılarak atomik kuvvet mikroskopisi, lazer pozisyon ölçümü ve tünel açma elektron mikroskopisi gibi çeşitli yeni yöntemler kullanılmaktadır⁴⁴. Bu teknikler ayrıca atom ölçeğinde nesnelere manipüle edilmesini ve belirlenen bir yere bir atom veya molekül konulmasını mümkün kılmaktadır.

2.3.2. Bilişim

Elektronik araçlarda nano ölçekte parçaların üretilmeye başlanması ile mevcut kullanılan elektronik sistemlerin işlem gücü ve kapasitelerinin birkaç kat artacağı

⁴² E. ÖZDOĞAN – A. DEMİR – N. SEVENTEKİN, “Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamalar”, 163.

⁴³ Y. ÖZER, *Nanobilim Ve Nanoteknoloji: Ülke Güvenliği /Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi*, 67.

⁴⁴ Bkz. (41), MAMALİS, 52.

belirtilmiştir.⁴⁵ Mikroçip kullanımı, elektronik alanında devrim niteliğinde değişikliklere yol açmıştır ve özellikle bilgisayar çiplerinde kendisini gösterecektir. Ağır ve hantal bilgisayarların yerini, kompakt ve hızlı masaüstü bilgisayarlar ve hatta el bilgisayarları almıştır. 1 cm²'lik çip milyonlarca mikroskobik cihaz içerebilmektedir. İnsanlık, doğal mekanizmaları anlamak ve idare etmek için biyolojik organizmalarda işlev gören doğal mekanizmaları anlamaya ve bunlara hakim olmaya çalışmaktadır. Bazen bu tür girişimlerin sonucunda, insanların veya hayvanların duyularının işleyişini taklit eden elektronik ekipmanların yaratılması sağlanmaktadır. Bu tür cihazlarda dış etkilere duyarlı sensörler bulunmaktadır.

Queens ve Arizona Üniversitelerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, katlanabilir nitelikte kağıt/esnek elektronik kağıt ekranlı mobil cihaz olarak adlandırılan “PaperPhone” geliştirilmiştir.⁴⁶ Ticari olarak geliştirilen “PaperPhone”a duyulan ihtiyacın nedeni ilk olarak piyasadaki esnek ekranların teknik nedenlerle sınırlı olmasıdır. İkincisi, taşınabilirlik gibi esnek ekranların avantajlarının çoğu, mobil form faktörleri için idealdir. Üçüncüsü ise mobil cihazların en çok elektroforetik ekranların güç verimliliğinden yararlanmalarıdır. Bu nedenlerle, 3.7 inç (yaklaşık 9.5 cm) elektroforetik bir ekran etrafında tasarlanmış bir akıllı telefon prototipi olan PaperPhone geliştirilmiştir. PaperPhone, ekranın arkasında cihazdaki yazılım eylemlerinin tetiklenmesini sağlayan bir dizi ince film bükme sensörüne sahiptir. Katlanabilir ürünlerin popülerliklerini devam ettirebilecek kağıt ekranların özellikleri arasında çok ince ve düşük ağırlıklı olmak, sağlamlık, mevcut mobil bilgisayar türlerine göre üstün taşınabilirlik gibi nitelikler bulunmaktadır. Ayrıca birçok farklı şekillerde katlanma özelliği sayesinde gazete okumak gibi farklı

⁴⁵ Ö. Mert DENİZCİ, *Bilişim Çağında Nanoteknoloji Olgusu ve İletişim Sürecine Yansımaları*, 109.

⁴⁶ B.LAHEY – A.GIROUARD – W.BURLESON – R. VERTEGAAL, “PaperPhone: Understanding the Use of Bend Gestures in Mobile Devices with Flexible Electronic Paper Displays”, 1301.

amaçlarla farklı şekiller alabilmektedir. Diğer bir ifadeyle farklı içeriklere yönelik farklı kullanım uygunlukları mevcuttur.



Şekil 2.12 : Nanoteknoloji ile Üretilmiş PaperPhone ve Snaplet



Şekil 2.13. : Esnek şeffaf OLED ekranı ⁴⁷

LG ve Universal Display tarafından geliştirilen şeffaf katodu sayesinde, ışık cihazın her iki tarafından da çıkabilir ve cihaz kapalı olduğunda şeffaf olabilmektedir.

2019 İSE (İntegrated Systems Europe) bilgisayar fuarında, ZeroLight, LG ve Audi, LG'nin şeffaf OLED tabelaları için yenilikçi bir otomobil vitrini sunmuştur.

⁴⁷ <https://oled.com/oleds/transparent-oleds-toleds/>

Beş adet 65 inç OLED ekrandan oluşan 10 K çözünürlüğünün birlikte 55 inçlik şeffaf OLED dokunmatik ekranlar kullanılmıştır. Video duvarındaki kendinden aydınlatmalı (ışıklı) 10K OLED pikseller siyah ve ideal renkleri sağlar ve ekrandaki 33 milyon piksel sayesinde 1: 1 ölçeğinde en küçük ayrıntıları bile görebilmektedir.



Şekil 2.14 : ZeroLight ve LG Şeffaf OLED Tabelaları ⁴⁸

NHK (Japan Broadcasting Corporation) ve Sharp, dünyanın ilk esnek 30 inçlik ekranının, organik LED'lerle 4K çözünürlüğünün birlikte yaratıldığını duyurmuştur. Ekran kalınlığı 0,5 mm, 4 cm çapında rulo şeklinde sarılabilen ve 100 gram ağırlığında geliştirilmiştir.

⁴⁸<https://zerolight.com/news/press-releases/zerolight-and-lg-collaborate-on-transparent-oled-signage>



Şekil 2.15: Sharp 30 inçlik Esnek Ekran ⁴⁹

Nanoteknolojinin elektronik cihazlara uygulanması, çiplerin boyutunun küçülmesine ve cihaz belleklerinin genişlemesine katkı sağlamaktadır⁵⁰. Günümüzde araştırmacılar ve bilim adamları, diğer elektrikli cihazlardan veya bileşenlerden tıpkı insan beyni gibi verileri depoladığına ve işlediğine inanılan organik bilgisayarlar geliştirmek için yoğun bir şekilde çalışmaktadırlar.

2.3.3. Havacılık

Havacılık sektöründe gerçekleştirilen nanoteknolojiye ilişkin çalışmalar, hava araçlarının üretim aşamasında kullanılan malzemelerin ağırlığının neden olduğu maliyetleri düşürmek, hacim ve yakıt bakımından sınırlı düzeydeki araçları geliştirme gibi konulara odaklanmış durumdadır.⁵¹ Özellikle uzay araçlarında nanoyapılı malzeme üretimi ile çok daha hafif, sağlam ve yüksek düzeydeki

⁴⁹ <https://3dnews.ru/997239>

⁵⁰ M. D. JEROH, *The Impact of Nanotechnology on Mobile Phones and Computers*, 21.

⁵¹ Sevda ŞAHİN, *Teknolojik Gelişmeler Ve Uluslararası Rekabet Gücü İlişkisi Bağlamında Nanoteknolojinin Önemi Ve Türkiye Deneyimi* 50.

sıcaklıklar karşısında dayanıklı olan yapılar üretilmektedir. Söz konusu yapılar ile yapılacak uzay istasyonlarının daha uzun vadede aktif bir şekilde çalıştırılabileceği belirtilmektedir. Nanoteknoloji vasıtasıyla daha az enerji tüketen, yüksek verimli ve radyasyona dayanıklı olan bilgisayarlar, nanoyapılı algılayıcılar, sıcaklığa dayanıklı olan nanoyapılı kaplama materyalleri, nanoelektronik destekli uçuş sistemlerinin geliştirilmesi mümkün olmaktadır.

2.3.4. Çevre ve Enerji

Son 50 yılda hızlanan ve günümüzde hala gerçekleşmeye devam eden küresel ısınma, insanlığın ürettiği karbondioksit, metan ve nitrik asitten oluşan sera gazı tarafından tetiklenmektedir. Endüstrinin üretimden kaynaklanan sera gazı salımını yaklaşık %30 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan tarımsal faaliyetlerle tarımda kullanılan materyalin yararlı ürünlere dönüşümü ve bu sayede çevreyi korumak nanoteknolojinin önemli potansiyelleri arasındadır. Özellikle bitkisel yağlardan biyoyakıt ve endüstriyel çözeltilerin oluşturulması için nanokatalizör tasarlanması ve geliştirilmesi bakımından önemli araştırmalar yürütülmektedir.⁵² Nanoteknoloji; çevreyi geliştirmek ve malzeme üretimi sırasında kirliliği azaltmak, rekabetçi bir maliyetle elektrik üretimi sağlayan güneş pilleri üretmek, yeraltı suyunu kirlüten organik kimyasalları temizlemek ve uçucu organik bileşikleri havadan temizlemek gibi daha verimli ve uygun maliyetli enerji üretimi amacıyla çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Tekstil sektöründe kullanılan akıllı kumaşlar da nanoteknolojinin getirdiği yenilikler arasındadır. Şekil 2.16'da akıllı tasarımlardan karanlıkta parlayan ceket modeli gösterilmiştir.

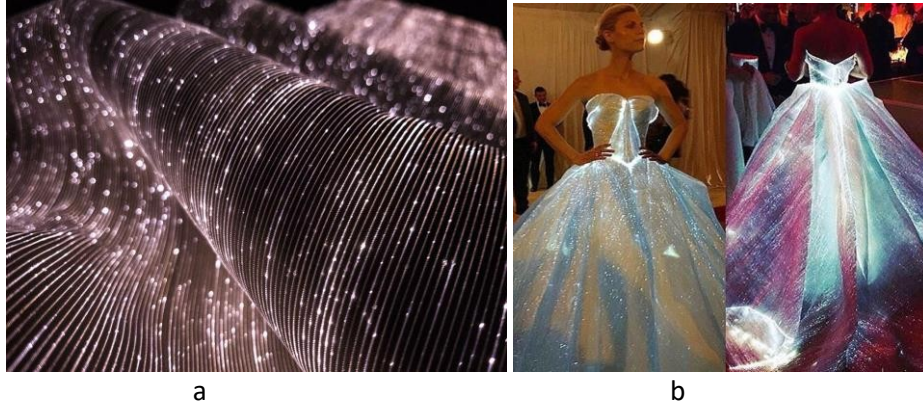
⁵² D. KUT - C.GÜNEŞOĞLU, *Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları*, 226



Şekil 2.16 : Lucy Dunne Tarafından Tasarlanan Akıllı Ceket Modeli ve Optoelektronik Kumaşlar ⁵³

Dunne kendi tasarladığı akıllı ceketle, ceketin sol koluna dikilmiş bir nabız monitörü ekleyerek yürüyüş yapanlar ve koşucular için düşük maliyetli bir özellik sunmuştur. Gömülü sensörler, sıcaklık düşmesi durumunda ceket giyen kişiyi sıcak tutmak için ceketin arkasındaki iletken malzemeyi kontrol ederken, elektriksel ışımali (electroluminescent) teller ceplere sabitlenmiştir ve güvenlik özelliği olarak karanlıkta ışımaktadır. Tekstilde akıllı tasarımlarla ünlü Luminex de benzer şekilde geleneksel tekstillere hafif element fiber optikleri dokuyan, benzersiz ışık yayan kumaşlar geliştiren, üreten ve pazarlayan İtalyan merkezli bir şirkettir.

⁵³ https://www.researchgate.net/publication/248555430_Textiles_gain_intelligence



Şekil 2.17: a) Luminex Fiber Optikal Kumaş, b) Claire Danes tarafından tasarlanmış karanlıkta parlayan elbise

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla potansiyele sahip enerji türünün güneş enerjisi olduğu bilinmektedir. Ancak güneş pillerine ait teknolojinin yüksek maliyetli olması, bu enerjiden yeterince faydalanmayı zorlaştırmaktadır. Güneş pilleri, kendisine yansıyan güneş ışığının elektrik akımına dönüşmesini sağlayan yarı iletken hücrelerden oluşmaktadır ve bu enerji dönüşümü son derece yüksek verimliliğe sahiptir. Bu hücrelerin üretim maliyetinin yüksek oluşu, güneş piline alternatif kaynak arayışını arttırmaktadır. Silikon malzeme yerine daha ucuza üretilen yarı iletken materyalin ise aynı verimliliği sağlamadığı belirlenmiştir. “Kuantum noktaları” olarak tanımlanan birkaç nanometre genişliğindeki yarı iletken kristallerden oluşan yeni bir alternatif sayesinde fosil yakıtlar tarafından üretilen elektrik enerjisinin maliyetine eşdeğer bir maliyet sağlanabileceği düşünülmektedir.⁵⁴ Güneş pilleri için üretilen nanomalzemeler, nanoyapı grafen ince filmlerin boyaya duyarlı güneş pillerinde elektron transfer katmanı olarak kullanılması ile sağlanmaktadır. Bu malzemeler, düşük maliyetleri ve üretim kolaylığı nedeniyle güneş enerjisi alanında özellikle ilgi çekicidir.

⁵⁴ www.teknoport.com.tr

Nanoteknolojinin kullanıldığı diğer bir alan LED (Işığı Emen Diotlar) teknolojisidir. LED teknolojisi, aydınlatma amacıyla gereken enerji tüketimini önemli düzeyde azaltmaktadır. Günlük yaşamda evlerde ve işyerlerinde LCD (Sıvı Kristal Görüntü) televizyonların yaygınlaşması da yine nanoteknoloji sayesinde gerçekleşmiştir.⁵⁵ Nanoteknolojik gelişmelere paralel olarak LED teknolojisinin alternatifi olarak OLED (Organik LED) teknolojisi geliştirilmiştir. Özellikle cep telefonlarında daha az enerji tüketimi, ince ve hafif özelliklere sahip olma gibi nitelikler ön plana çıkmıştır. OLED ekranların esneklik ve çok hafif olma özellikleri sayesinde tekstil malzeme ve giysilere entegre kullanımı ile ergonomik konforun sağlandığı “Giyilebilir Teknolojiler” yaygınlaşmaya başlamaktadır. OLED teknolojisinin günümüzdeki dezavantajı, seri üretim⁵⁶ yapılmaması nedeniyle yüksek maliyete sahip olmasıdır.



Şekil 2.18 : LG'nin Las Vegas'taki Tüketici Elektronik Fuarı'nda OLED Teknoloji Kullanılan TV Ekranlarının Görüntüsü⁵⁷

⁵⁵ М. РЫБАЛКИНА , **Нанотехнология для Всех**, 176

⁵⁶ Serna UÇAR, “**Teknik ve Akıllı Tekstil Malzemelerinin Geleneksel (Konvansiyonel) Tekstil Ürünleri, Formları ve Desenlerinde Uygulanması**”, 16.

⁵⁷ <https://cen.acs.org/articles/94/i28/rise-OLED-displays.html>

2.3.5. Güzellik ve Kozmetik Sektörü

21. yüzyılda güzellik ve bakım ürünleri büyük gelişme kaydetmiştir. Bunlar arasında diş macunları, farklı kullanım için kremler, kolonya, maskeler gibi kozmetik ve bakım ürünleri üzerine nanoteknolojinin etkileri bulunmaktadır. Yıllık cirosu 200 milyar dolar olan kozmetik endüstrisi, nanoteknoloji pazarındaki başlıca aktörlerinden biridir. Dünyada nanopartiküllerle ilgili patentlerin çoğunu kozmetik patentleri oluşturmaktadır. Bu patentler arasında diş macunları, güneş kremleri, şampuanlar, boyalar ve saç kremleri, rujlar, tıraş jelleri, nemlendiriciler ve deodorantlar yer almaktadır. 2010 yılında Avrupa'da kozmetik ve parfümeri perakende satış hacminin 25 milyar eurodan fazla olduğu ve bunlar arasında nanopartiküller (özellikle TiO₂) kullanılarak üretilen güneş kremlerinin en yüksek büyüme oranına (%29.7) sahip olduğu gözlenmiştir. Dünyadaki nanopartiküllerin en büyük üretim hacmine sahip olanı titanyum dioksittir (yılda yaklaşık 2500 ton) ve bunun %50'si kozmetikte kullanılmaktadır.⁵⁸

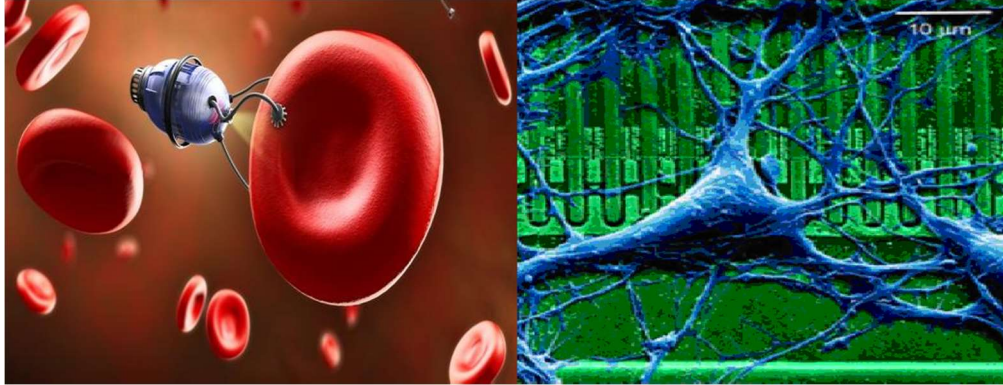
2.3.6. Sağlık Sektörü

Nanoteknoloji, sağlık sektöründe hastalıkları tespit etmek, teşhis ve tedavi etmek gibi süreçlerde kullanılarak insan sağlığını iyileştirmek ve korumak açısından önemli bir yenilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda nanoteknolojinin en fazla sağlık sektöründe etkili olacağı düşünülmektedir. Nanoilaçların akıllı nanorobotlar aracılığıyla hedef dokulara iletilmesi, nanosensörler aracılığıyla hastalıkların erkenden teşhis yapılabilmesi ve tedavisi mümkün olacaktır. Moleküler düzeydeki mekanizmalarla birçok hastalığının nanodüzeyde

⁵⁸ Bkz. (25), Кричевский Г.Е, 51.

gözlemlenerek kontrolünün sağlanması beklenmektedir. Çünkü hastalık, yaralanma gibi fiziksel bozukluklar ve reaksiyonlar moleküler düzeyde gerçekleşmektedir. Bu konuda nanotıp nanoküreler aracılığıyla ilaç salımı, doku yapılanması, teşhis ve tedavi amaçlı nanorobotlar gibi pek çok uygulamadan meydana gelmektedir.⁵⁹

Moleküler görüntüleme hayvan hastalık modelleri çalışmalarına destek sağlamaktadır ve klinik araştırmalarda, hastalığın ilerlemesini ve terapötiklere yanıt izlemenin invazif olmayan bir aracı olarak kullanılmaya başlanmaktadır. Moleküler görüntüleme ajanları, klinisyenlerin hastalıkları en erken, en tedavi edilebilir, presemptomatik aşamasında tespit etmelerini mümkün kılmaktadır. Nanopartiküllerin spesifik antikolar ve görüntüleme güçlendirme özellikleri kullanılarak hassas hedeflemenin kombinasyonu, manyetik rezonans görüntüleme, optik görüntüleme, nükleer görüntüleme ve ultrasonik görüntüleme gücünü büyük ölçüde artırmak için önemlidir.⁶⁰ Nanoteknoloji alanında öngörülen en büyük başarılarından biri, günümüz teknolojisiyle algılanabilir olan yapılardan çok daha küçük olan tümörlerin, insan gözüyle bile görülmeden önce tanımlanma yeteneğidir.



Şekil 2.19. Nanorobot ve nanoçip

⁵⁹ Bkz. (26), KARAHANLAR, 47.

⁶⁰ B. ROSZEK - W.H. JONG- R.E. GEERTSMA, “Nanotechnology in medical applications: state of the art in materials and devices”, 8.

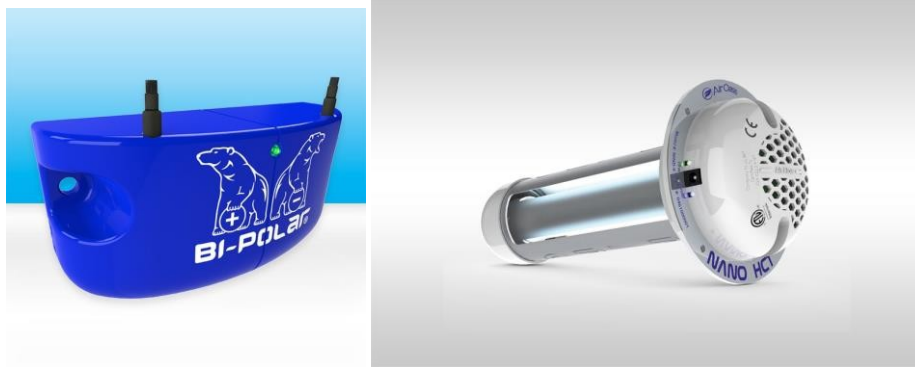
Günümüz gen araştırmalarındaki zorlukların nano düzeydeki cihazlarla giderilebileceği düşünölmektedir. Sağlık sektöründeki gen araştırmalarında teşhis ve tedavi için yeni teknikler geliştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca nanoteknoloji aracılığıyla nanostent geliştirilmesi sayesinde kalp hastalıklarının iyileştirilmesi süreci hızlanabilir ve kan pıhtılaşması önenebilir.⁶¹ Nanoteknolojinin sağlık alanındaki sorunlara çözümler sunması ve yaşam süresinin uzatılması konusundaki yenilikleri, nanoteknolojiye yönelimi arttırmış ve gelecek dönemlerde sağlık alanındaki nanoteknolojik beklentiler dört grupta sınıflandırılmıştır. Bu beklentiler nanoilaçların dağıtımı, teranostik (‘Therapy’ ve ‘Diagnostic’ sözcüklerinden türetilmiştir. Tedavi edici ajanların ve tanısal ajanların tek bir platformda toplanmasıdır) doku mühendisliği ve magnetofeksiyon (gen terapisi) olarak sıralanmıştır.

Nanoteknoloji yöntemleri ve nanoilaçlar eş zamanlı tanı ve tedavi amaçlarına hizmet ettiğinden, terapi ve teşhis hızlı bir şekilde yeni teranostik uzmanlık alanı ile kaynaşmaktadır. Teranostik örnekler; patolojik doku değişikliği durumunda doğrudan aktif maddeyi beraberinde getiren kontrast madde ve organizmada önleyici olarak dolaşan ve endojen sinyallere tepki veren ve gerektiğinde aktif maddeleri otomatik olarak salgılayan taşıyıcı sistemler olarak belirtilmiştir. Doku mühendisliği açısından hücre büyümesinin uyarılması ve hedeflenen kontrolü ile saç, kıkırdak ve kemikten, kaslar ve organlar aracılığıyla sinir hücrelerine kadar hasarlı doku, nanomalzemelerin yardımıyla yapay olarak yeniden üretilebilir. Nanoporöz (nanogeçirgen) taşıyıcı materyaller hâlihazırda yaraların iyileşmesinde ve plastik cerrahide kontrollü hücre büyümesinin gerçekteğiği matrisler⁶² olarak kullanılmaktadır.

⁶¹ Bkz. (26), KARAHANLAR, 48.

⁶² M.G. KRUKEMEYER - V. KRENN – F. HUEBNER - W. WAGNER – R. RESCH, “**History and Possible Uses of Nanomedicine Based on Nanoparticles and Nanotechnological Progress**”, 5.

Ürün geliştirme açısından nanoteknoloji incelendiğinde; Applied Therapeutics'in geliştirdiği “Sun Smart” güneş kremi, Breathebetterair şirketinin ürettiği “Air Oasis” hava temizleyicisi, Shenzhen Become Industry'nin geliştirdiği hava temizleyicisi, nano gümüş fotokatalizör, Emergency Filtration Products tarafından geliştirilen nanomask filtre maskeler sağlık alanındaki ürün örnekleridir.⁶³ Merkezi bir hava temizleyicisi olan “Nano Induct™” ürünü ise, evlerde ve ofislerde bir hava iyonizasyonu kaplaması sağlamaktadır. Nanoteknolojide iyonizasyon teknolojisi kullanılarak bu filtresiz HVAC⁶⁴ hava temizleyici küf, virüs, bakteri ve VOC gibi kirleticileri etkili bir şekilde yok etmektedir.



Şekil 2.20: “Air Oasis” hava temizleyiciler

Sağlık sektöründe medikal ve teknik tekstil üretimi de piyasada çok önemlidir. Medikal tekstillerin dış uygulamalarda kullanılan yara bakımı ürünleri, vücut dışında kanı temizlemek için cihazlar, ameliyathanede hijyen amacıyla kullanılan ürünler; iç uygulamalarda kullanılan: ameliyat iplikleri, ortopedi, kardiovasküler ve yumuşak doku implantları, koruyucu cerrahi giysiler: cerrahi önlükler, acil servis giysileri, başlıklar ve maskeler; yatak takımları: çarşaf, yorgan, battaniye, minder gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Medikal tekstil ürünlerinin genel fonksiyonları personeli ve hastayı korumak ve hijyen sağlamaktadır.

⁶³ <http://www.nanotechproject.org/44/2007>

⁶⁴ <https://www.airoasis.com/shop/air-oasis-nano-hct-9-induct/> (29/01/2020)

Özetle; sağlık sektöründe geleceğin nanoterapi vizyonu, bireylere özgü uyarlanan kişiselleştirilmiş ilaçların geliştirilmesi ile hastalıkların gelişmeden veya gelişim aşamasında moleküler düzeyde tedavi edilmesidir. Nanoilaçların hazırlanması ve aktif maddelerin iletilmesi hedeflenen çeşitli ilaç salım yöntemleri önemli bir rol oynayacaktır. Bunlarla günümüze kadar tedavi edilemeyen hastalıklar için etkili ve iyi tolere edilen tedaviler geliştirmek mümkün olabilir.

2.3.6.1. Salgın Hastalıklar ve Nanoteknoloji

“Nanotekstiller ve Medikal Alandaki Uygulamaları” konulu tez çalışmanın son döneminde (Aralık 2019’da Çin’in Vuhan Eyaletinde) ortaya çıkıp 2020’de tüm dünyayı etkisi altına alan Yeni Koronavirüs Pandemisi (COVID-19) ile, nanoteknolojinin çok kısa zamanda çok yıkıcı etkileri olan salgın hastalıklar açısından da tez çalışmada ele alınmasını gerekli kılmıştır.

Şubat 2020’de Dünya Sağlık Örgütü tarafından COVID-19 olarak adlandırılan virüsün neden olduğu bu hastalık kıtalararası yayılmasının ardından, 11 Mart 2020 tarihinde ‘Pandemi’ olarak ilan edilmiştir.

Virüs veya bakterilerden kaynaklanan birçok halk sağlığı sorununu önlemede önemli katkıları olabilecek nanoteknoloji, bu günlerde COVID-19’un muhafazası, teşhisi ve tedavisi için geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Nanopartiküller, sağlık hizmetlerinde kullanılan klasik dezenfeksiyon protokollerine alternatif yöntemler geliştirmeye yardımcı olabilir. Örneğin nanomalzemeler, ilaçları pulmoner sisteme ulaştırmak için kullanılıp, viral ajanlara karşı bir aşı oluşturmaya yönelik

materyallerin geliştirilmesine yardımcı olabilir ve nanoteknoloji hastalığın varlığının teşhisi ve izlenmesinde önemli bir rol oynar.

Nanoteknoloji temelli yaklaşımlar, COVID-19 ile ve gelecekteki salgınlarla savaşmaya yardımcı olmak için çeşitli şekillerde kullanılmalıdır;

- a) Geniş spektrumlu antiviral ilaçları doğrudan iletmek için nanomalzemelerin kullanılabilmesi yeni aşular, ilaçlar ve hedefe yönelik akciğer tedavisini desteklemek;
- b) Enfeksiyon veya bağışıklığı tespit etmek için oldukça spesifik, hızlı ve hassas testler;
- c) Yüz maskeleri veya kan filtrasyonu için çok ince filtreler;
- d) Viral yapışmaya dirençli ve virüsü inaktive edebilen yeni yüzeyler veya kaplamaları;
- e) Geliştirilmiş temas izleme araçları.⁶⁵

⁶⁵ C.WEISS, M.CARRIERE, L.FUSCO, I.CAPUA, **Toward Nanotechnology-Enabled Approaches against the COVID-19 Pandemic**, 6384-6385

DSÖ istatistiklerine göre, dünya çapında toplam teyit edilmiş vaka 25 Ocak 2021'de 98.794.942'ya ulaşırken, aynı tarihe kadar küresel olarak toplam ölüm sayısı 2.124.193.⁶⁶ Virüs salgınının üstel eğilimi şimdiden yıkıcı sosyoekonomik sonuçlara sahiptir ve gerçek boyutlarını şu anda tahmin etmek zordur. COVID-19'nun insanlar arasında yayılmasının öncelikle solunum yoluyla bulaşıcı olduğu, en yoğun şekilde enfekte kişi konuşurken, hapşırırken veya öksürürken meydana geldiği ve virüs içeren aerosol damlacıklarının 3-8 m mesafeye taşındığı varsayılmaktadır. COVID-19'nun , hastanın bulaşıcı olduğu semptomların başlamasından 2-14 gün önce inkübasyon dönemi vardır.⁶⁷ Solunum yolu semptomları gösteren hastalar yakın temaslılara potansiyel olarak zararlıdır çünkü virüs üst solunum yolundan konuşma, hapşırma veya öksürme sırasında havaya yayılabilir. Şu anda, çeşitli disiplinler tarafından COVID-19 virüsü incelenmektedir - teşhis ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi ve virüsün yayılmasının önlenmesi üzerinde çalışılmaktadır.⁶⁸

COVID-19 virüs salgınına karşı en koruyucu sistem ve ürünün hijyenik maske olduğunu bilinmektedir. Yüz maskeler üç gruba ayrılmaktadır: Tekstil maskeler, Medikal yüz maskeleri ve Filtering Face Piece (FFP) ve Personal Protective Equipment (PPE) maskeler .⁶⁹




⁶⁶ <https://covid19.who.int/>

⁶⁷ <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66474/inkubasyon-suresi.html>

⁶⁸ Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA), **COVID-19 Pandemi Değerlendirme Raporu**, 49

⁶⁹ Cemal KIRMAN, **Yüz Maskeleri**, 2

Tablo 2.3. : Yüz Maske Tipleri

	Tekstil maske	Medikal maske	FFP veya PPE maske
			
Değerlendirme Test standardı Sertifikalandırma	*TSE K-599	EN 14683	**EN 149-A1
Kullanım Amacı	- Toz ve polenleri karşı kullanılır -Solunum yolu enfeksiyonlarının yayılma riskini azaltmak için de kullanılmaktadır	- Solunum yolu hastalıklarını başkalarına bulaştırmamak için kullanılır - Kullanıcıyı aerosol damlacıklarının sıçramasına karşı korur - Solunum yolu enfeksiyonlarının yayılım riskini azaltmak için sağlık çalışanları, hastalar ve diğer insanlar tarafından kullanılır	-Çevredeki küçük partiküllerin,bakteri ve virüslerin en az %95'ini tutan maskelerdir. -Sağlık çalışanları tarafından bulaş riski yüksek olan hastalara müdahale sırasında kullanılmakta -Tozlu ortamda çalışanlar kullanmakta -Havada olan parçacıklara ve aerosollere karşı maruz kalmaktan korur.
Yıkanabilirlik	Asgari 5 yıkama	Tek kullanımlık	Tek kullanımlık

*TSE K-599 Tekstilden Mamul Tekrar Kullanılabilir Koruyucu Yüz Maskeleri Standardı'na göre tek katlı veya tekstil ve bez arasında filtre tabakalı bir donanımdır.

**FFP (Filtering Face Piece) veya PPE (Personal Protective Equipment) Amerikan İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü (NIOSH) Standartlarına göre N95, N99, ve N100 olarak sınıflara, Avrupa Normlarında; EN 149 – A1 e göre FFP1, FFP2 ve FFP3 sınıflara ayrılmaktadır.

FFP ve PPE maskelerin özelliği üç katlı olmalı; birinci ve üçüncü katman su iticiliği özelliği taşıyan spunbond tela kumaşından oluşmaktadır. İkinci (iç) katmanda filtre özellikli nonwoven tekstil yüzeyi meltblown veya benzer özellikli dokular kullanılmaktadır. Bu maskeler süzme performansını %80, %94 ve %99 olan FFP1, FFP2 ve FFP3⁷⁰ olarak sınıflandırmıştır.

Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Fakültesi'nde yapılan incelemelerde Türkiye'deki piyasada olan 50 adet cerrahi maske toplattığında sadece 1'i standartlara uygun çıktığını açıklamıştır.⁷¹ Halkın kullandığı maskelerin yüzde %95-98 koruyucu filtre bulunmadığını belirtmişlerdir.

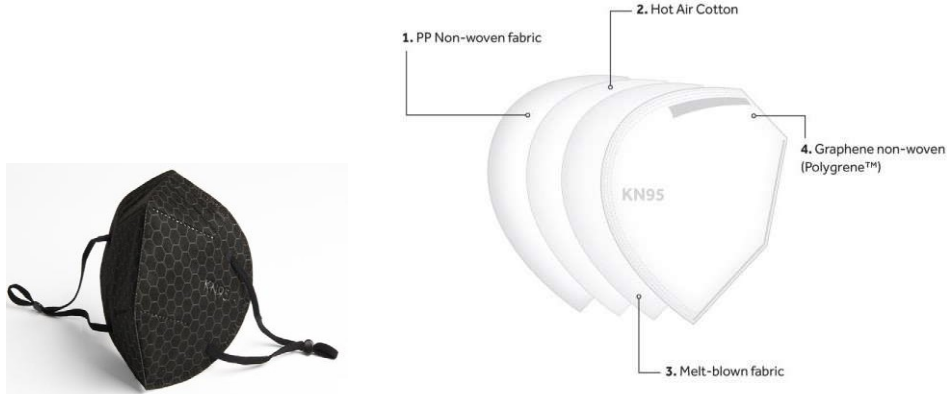
Mühendislik grubu Versarien, grafenle güçlendirilmiş koruyucu yüz maskesini KN 95 / FFP2 piyasaya sunmuştur.⁷² 2004 yılında Manchester Üniversitesi'nde iki araştırmacı tarafından izole edilen grafenin, materyallerde devrim yaratacak bir malzeme olduğuna inanılmaktadır. Teorik olarak, olağanüstü bir güç-ağırlık oranı, etkili elektrik ve termal iletkenler gibi inanılmaz fiziksel özelliklere sahip olduğu ve oldukça esnek olduğu gösterilmiştir. Maske, Polygrene (doğrulanmış grafen ürünü olan Nanene özelliğine sahip) kullanan kaplamalı bir katmanla güçlendirilmiştir. Polimerlere grafenin eklenmesi, mevcut üretim süreçleri kullanılarak yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine izin vermek de dahil olmak üzere birçok fayda sağlar. Polygrene, sürdürülebilir kaynaklı selüloz (viskoz) malzeme karışımı ile harmanlanmıştır.⁷³

⁷⁰ A.g.m. KIRMAN, 4

⁷¹ <https://www.hurriyet.com.tr/yazarlar/sedat-ergin/covid-19a-karsi-kullandigimiz-maskeler-ne-kadar-guvenli-41620122>

⁷² <https://nano-magazine.com/news/2020/8/5/versarien-stocks-rocket-during-nano-mask-launch?rq=mask%20covid>

⁷³ http://www.versarien.com/files/3815/9619/6343/Versarien_KN95_Facemask_Datasheet.pdf,
Versarien plc



Şekil 2.21. : Versarien Grafenli Maskesi

Versarien'in grafenli maskesi, havadaki bakterilere karşı gelişmiş koruma sağlamaya ve viral enfeksiyonun yayılmasını en aza indirmeye yardımcı olmak için tasarlanmış filtrelili dört katlı bir yüz koruyucusudur. Yeni Versarien maskeleri yüksek koruma seviyeleri sağlar ve 0,3 mikrondan büyük partiküllerin% 95'inin maskeden geçmesini önleyerek virüsü bulaştırma riskini azaltır. Çinle birlikte tasarlanmış ve üretilmiş bu maskeler, BS EN 149: 2001 + A1: 2009 standardına (Solunumla ilgili koruyucu cihazlar) uygun, antibakteriyel performansı GB / T 20944.2.2007'ye göre onaylanmış ve anti-viral performansı, ISO 18184: 2014 (E)⁷⁴ uyarınca Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayımlanan yönergelere uygundur.

İsrail merkezli Sonovia firması, tekstilleri antifungal ve antibakteriyel kimyasallarla emprenye etmek için geliştirdiği bir nanoteknoloji sürecini kullanarak koronavirüsle mücadeleye yardımcı olmak için virüse dirençli maskeler geliştirmiştir. Firma, Bar-Ilan Üniversitesi'nde geliştirilen patentli bir nanoteknoloji sürecini kullanarak bakteri ve mantarların nüfuz etmesini engellemede etkili olduğu

⁷⁴ http://www.versarien.com/files/3815/9619/6343/Versarien_KN95_Facemask_Datasheet.pdf

kanıtlanmış maskeler ve koruyucu tekstil ekipmanı yapmayı başardığını vurgulamaktadır.⁷⁵ SonoMask yeniden kullanılabilir, yıkanabilir, iki taraflı koruma sağlar ve COVID-19'un %99'undan fazlasını nötralize ettiği kanıtlanmıştır. Pamuk-polyester karışımı üzerindeki tescilli çinko kaplama güvenlidir ve 55 defadan fazla yıkandıktan sonra bile etkili olduğu test edilmiştir. SonoMask yumuşak, nefes alabilen, yüksek GSM pamuk-polyester kumaştan üretilmiş, çift katmanlı ve 5 mikrona kadar filtreleme yapan gelişmiş bir savunma tekstil birimidir. Gelişmiş nano partikül gömülü teknoloji, viral birimleri laboratuvar tarafından doğrulanmış çalışmalara göre temas halinde devre dışı bırakabilir.⁷⁶



Şekil 2.22. : SonoMask (Sonovia Maskesi)

Solunum yolu virüslerinin neden olduğu pandemilerde başka önemli sorun, hassas filtrasyon gerektiren hastaneler, laboratuvar, uçak, ambulanslar ve alışveriş merkezlerinde virüslerin havalandırma sistemleri yoluyla bulaşmalarıdır. Nanoteknoloji, 0.1 nm için %99,99'a kadar filtre verimliliği ile ultra ince cam elyaf hava filtreleri (ULPA filtresi) ile çözümler sağlamaktadır. Yüksek verimli partikül

⁷⁵ <https://statnano.com/news/67586/Nanotech-Startup-Develops-Virus-resistant-Textiles-to-Combat-COVID-19>

⁷⁶ <https://sonoviatech.com/mask-protection-against-covid-19-n95-vs-surgical-mask-vs-sonomask/>

hava filtreleri (HEPA) genellikle binalarda ve ulaşımda kullanılır ve son kademe yüksek partikül tutucu filtre⁷⁷ olarak kullanılmaktadır.

Hava filtresi ayrıca filtrelenmiş patojenlerin yerinde inaktivasyonu için antimikrobiyal Ag, Ag - hibrit veya Zn - MOF nanopartikülleri ile donatılabilir, böylece filtre işleminden kaynaklanan riski en aza indirir.⁷⁸ Hava filtreleri, su arıtma membranları gibi bakteri ve virüs bulaşmış hastane atıkları ve içme suyunun dezenfeksiyonunda önemli rol oynar.⁷⁹ Gelişmiş filtre sistemleri antimikrobiyal metal nanopartiküller (Ag, Cu, CuO, Zn, vb.) içerebilir ancak aynı zamanda karbon nanotüpler, grafen veya darbeli elektrik alanları (PEF) gibi fiziksel dezenfeksiyon yöntemlerini mümkün kılan gümüş nanoteller gibi diğer nanomateryaller içerebilir.⁸⁰

Türkiye'deki (Kütahya) Noclet Plus firması gümüş iyonlu (Ag+) maske geliştirmiştir. İplikte kullanılan gümüş sayesinde , tekstil ürünü karşılaştığı bakteri ve mikrobun hücre duvarını geçerek hücre zarındaki mikrop ve bakterinin DNA'sını bozmaktadır. Böylelikle bakteri ve mikropların üremesini engellemekte ve maskeler ömrü boyunca etkinliğini korur. Noclet Plus maskeler akredite laboratuvarlarda test edilmiş ve bakterilere karşı %99 etkinlik tespit edilmiştir. Filtrasyon etkinliği %98 ve virüslere karşı etkinliği %87 olan bez maskeler EN 14683:2019 Avrupa Standartlarına uygundur ve Tip2 sınıfındadır.⁸¹ 60°C'de yıkayıp tekrar kullanabilen %100 polyester maskeler çocuk (4-9 yaş ve 9-14 yaş) ve yetişkin maskeleri sunulmaktadır.

⁷⁷ <http://alpfilte.com/hepa-ve-ulpa-filte.htm>

⁷⁸ C.BALAGNA - S. PERERO, vd., **Antipathogen Nanostructured Coating for Air Filters**, 2.

⁷⁹ E. RUIZ-HITZKY, M. DARDER, vd. **Nanotechnology Responses to COVID-19**, 6

⁸⁰ G. UNGUR- J.HRUZA, **Modified polyurethane nanofibers as antibacterial filters for air and water purification**, 7

⁸¹ <https://nocletplus.com/sertifikalarimiz/>



Şekil 2.23. : Noclet Plus Maskeleri

3. NANOTEKNOLOJİNİN TEKSTİL SEKTÖRÜNDEKİ UYGULAMALARI

3.1 Nano Teknik Tekstiller

Medeniyet öncesi dönemlerden günümüze değin tekstil üretimi önemli ölçüde gelişim göstermiş ve bu zaman zarfında hem materyal, hem tasarım hem de teknolojik açıdan oldukça iyi bir gelişim geçirmiştir. Yalnızca doğal hava koşullarından korunmak ve süslenmek için giyinen insanlar, zamanla giydikleri kıyafetlerin kendilerine bazı ek işlevler sağlamasını talep etmeye başlamışlardır. Farklı maddelerin işlevsel yapısından faydalanılarak ve genel olarak nanoteknoloji kullanılmaya başlanmıştır.⁸² Estetik ve dekoratif özelliklerden öte teknik performanslar ve fonksiyonel özellikler için üretilen malzemelere teknik tekstiller denir. Teknik tekstiller üstün performansa ve işlevselliğe sahiptir. Teknik tekstillerin kullanım alanları teknoloji ve işlevselliğin öne çıktığı alanlardır.⁸³ Giyim ve ev tekstili alanındaki geleneksel uygulamaların yanı sıra günlük yaşamın neredeyse tüm alanlarında teknik uygulamalar mevcuttur. Teknik tekstillerin üretimi yenilikçi bir gelişme alanıdır ve çeşitli işlevlere sahip oldukları için ve tasarımları özel bilgi gerektirmektedir.

Bu doğrultuda nano tekstiller, nanoteknoloji uygulamaları sonucunda ortaya çıkarılan tekstil ürünleri şeklinde tanımlanmakta ve tekstil endüstrisi bünyesinde kaydadeğer ölçüde bir potansiyele sahiptirler. Gerek doğal gerekse sentetik olan bütün tekstil ürünlerinin yapıtaşları olarak tanımlanan moleküller, belirli

⁸² Berkay BARIŞ, **Dendrimer Teknolojisi Kullanılarak Pamuklu Fonksiyonel Kumaşların Eldesi**, 1.

⁸³ Merve UNCUOĞLU, **An Investigation of Innovative Wearable Technological Textile Products: Specific Application**, 7.

konfigürasyonlarda dizilerek lifleri, lifler de birleşerek iplikleri meydana getirmektedir. Bunun yanı sıra, herhangi bir tekstil ürününün mevcut performansını, kalıcı bir şekilde en iyi düzeye çıkarmanın yöntemi, ürünü oluşturan liflerin moleküler düzeyde takviye edilmesi yoluyla mümkün olmaktadır.⁸⁴

Bir tekstilin nano parçacıklar ile takviye edilmesi yöntemi, tekstil endüstrisinin performansını ve işlevsellik düzeyini yükseltmek amacıyla yaygın bir şekilde başvurulan yöntemlerdendir. Nanoteknolojinin tekstiller üzerinde kalıcı nitelikte etkiler sergilemesi, tekstillerin dayanıklılık düzeylerinin yüksek olmasını mümkün kılabilir. Bu noktada geniş bir yüzey alanına, hacim oranına ve yüksek yüzey enerjisine sahip olan nanopartiküllerle kaplama, tekstil ürünlerinin dokunma hissini ve hava alabilme özelliğini koruma altına alırken, anti-bakteriyel, UV koruyucu, kendi kendini temizleme ve su geçirmezlik gibi niteliklere sahip olmasını da mümkün kılabilir. Bu nedenle bu kaplamalar daha dayanıklı, etkilidir ve kumaşın orijinal tuşesini ve hava alabilirliğini olumsuz etkilemez. Nanoteknoloji kapsamında ortaya çıkarılmış tekstiller dökülmeye karşı dayanıklı, statik direnç sunan ve lekeleri püskürten bir dizi ürüne sahiptir.⁸⁵ Nanoteknoloji uygulamaları, kumaş sektöründe yumuşaklık, dayanıklılık, nefes alabilirlik, yani su iticiliği, yangına dayanıklılık, elyaf, iplik ve kumaşlarda antimikrobiyal ve kırışıklık direnci elde etmek için tekstil endüstrisinde yer alabilir.⁸⁶ Nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki güncel uygulamaları elyaf, iplik, dokunmamış kumaş, boyama, apre (bitirme) ve kaplama uygulamaları olarak özetlenebilir.

⁸⁴ Fikri TEMEL, **Günümüzde Teknik ve Akıllı Tekstil Uygulamaları**, 54.

⁸⁵ SYDUZZAMAN, M. - PATWARY, S. U.- FARHANA, K.- AHMED, S., **Smart Textiles and Nano-Technology: A General Overview**, 3; Mangala JOSHI, **Nanotechnology: A New Route to High Performance Textiles**, 274.

⁸⁶ Bilgen ÇELİKTÜRK, **Comparison of the Effects of Nano and Conventional Crease Recovery Treatment Process Parameters**, 24.

Teknik tekstiller, çok yönlülük, uyumluluk, işlevsellik, esneklik ve etkileşim gibi özellikler ile karakterize edilmektedir. Bu özellikler, tamamen yeni ürün gruplarının geliştirilmesini sağlayan olası uygulamaların kapsamını önemli ölçüde genişletmektedir. Teknik tekstillerin çeşitliliği ve işlevselliği çok geniştir. Çünkü elyaf tipi ve karışımı, iplik oluşturma, kumaş oluşturma teknikleri ve çeşitli üretim aşamalarındaki yüzey modifikasyonları veya fonksiyonelleştirmeleri neredeyse sonsuz sayıda özellikler profili sunmaktadır. Bu olasılıklar, uyumluluk için mükemmel koşullar sağlamakta ve plastikler, metaller, ahşap ve beton gibi tekstil dışı diğer malzemelerle iyi kombinasyonlar oluşturmaktadır. Teknik tekstillerin nanoteknoloji ve mikrosistemlerle kombinasyonu, etkileşimli veri ve bilgi ortamları meydana getirmekte, entegre sensör ağlarının gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 3.1 : Tekstilde Nanaoteknoloji Uygulamaları⁸⁷

⁸⁷ YETİSEN, A.- QU, H. - MANBACHI, A. - BUTT, H. - DOKMECI, M. R. - HINESTROZA, J.P. - SKORABOGATİY, M. - KHADEMHOSEINI, A. - YUN, S. H., **Nanotechnology in Textiles**, 6.

Günümüz tekstil endüstrisindeki nanoteknoloji, özellikle yumuşak kumaşlar (kumaş yumuşaklığı), dayanıklı kumaşlar (dayanıklılık) ve kapanma gücü (nefes alabilirlik) gibi çeşitli kullanımlarda geliştirilmeye ve kullanılmaya devam etmektedir.⁸⁸ Nanoteknolojinin tekstil endüstrisine uygulanması, kumaşların dayanıklılığını büyük ölçüde attırmış olup, aynı zamanda rahatlığını, hijyenik özelliklerini de arttırmıştır. Bununla birlikte, üretim maliyetlerinin de azalmasına katkıda bulunmuştur. Nanoteknoloji ayrıca ekonomi, enerji tasarrufu, çevre dostu olma, maddelerin kontrollü salımı, malzemelerin daha sonra kullanılmak üzere mikroskobik ölçekte ambalajlanması, ayrılması ve depolanması ve kontrol koşullarında salım açısından geleneksel süreçlere kıyasla birçok avantaj sunmuştur.⁸⁹

Tekstiller; rüzgâr ve su geçirmezlik, kırışıklık veya lekelenmeyi önleme ve elektrostatik deşarjlara karşı koruma gibi özelliklerde kullanım kolaylığına ilişkin iyileştirmeler yapmak için nanoteknolojik uygulamalar içermektedir. Örneğin; bir kayak ceketinin rüzgâr geçirmezlik ve su geçirmezlik özellikleri, ceketin bir yüzey kaplamasıyla değil, nanofiberlerin kullanılmasıyla elde edilmektedir. Ülkelerin düşük maliyetlerle giysi üretimindeki verimliliği yakaladıkları dikkate alındığında, yüksek maliyetli kısımlarının nanoteknolojinin uygulamaya yardımcı olabileceği kullanıcılar için ek faydalar sağlayan yüksek teknolojiye odaklanılması muhtemeldir. Gelecekteki projeler arasında “akıllı tekstiller” veya “giyilebilir elektronikler” olarak adlandırılan ek elektronik işlevlere sahip giysiler yer almaktadır. Bu tekstil ürünleri; vücut fonksiyonlarını, bireyler için gerekli ilaçları gerekli miktarlarda almak için sensörler kullanmak ve internete erişim (nesnelerin interneti) gibi uygulamaları içerebilir.⁹⁰

⁸⁸ Sudirman, HABİBİE, **Review of Nano Technology Development In Textile Industry and the Role of R&D in Indonesia**, 5.

⁸⁹ PATRA, J. K.- GOUDA, S., **Application of Nanotechnology in Textile Engineering: An Overview**, 105.

⁹⁰ OECD, **Opportunities and risks of Nanotechnologies: Report in co-operation with the OECD International Futures Programme**, 12.

Akıllı tekstiller kavramı mekanik, termal, manyetik, kimyasal, elektriksel veya diğer kaynaklardan çevresel koşulları veya uyaranları algılayabilen ve bunlara tepki verebilen tekstillerdir. Ortalama bir kumaştan farklı bir şekilde hareket edebilen ve çoğunlukla özel bir işlevi yerine getirebilen tekstil ürünleri akıllı tekstil olarak kabul edilmektedir.⁹¹ Akıllı tekstillere örnek olarak atletik aktiviteler sırasında kasların titreşimini kontrol etmeye yardımcı olan kumaşlar ve vücut sıcaklığını düzenleyen malzemeler bulunmaktadır. Akıllı tekstiller için renk değiştirebilen, farklı desenlerde ışık yayabilen veya potansiyel olarak resim ve video görüntüleyebilen tasarımlar gibi birçok basit ve estetik uygulamalar mevcuttur.

Akıllı malzeme kavramı ilk kez 1989'da Japonya'da tanımlanmıştır. Geriye dönük olarak akıllı bir tekstil olarak etiketlenen ilk tekstil malzemesi, şekil hafızasına sahip ipek ipliğidir. 1960'larda şekil hafızalı malzemelerin ve 1970'lerde akıllı polimerik jellerin keşfi genellikle gerçek akıllı malzemelerin doğuşu olarak kabul edilmektedir. 1990'ların sonlarına kadar akıllı malzemeler tekstil alanında tanıtılmıştır. İletişimsel tekstillerle ilgili ilk araştırma 1990'ların sonunda yapılmış ve ilk tekstil elektronik yarı iletken bileşenleri 2000'lerin başında üretilmiştir.⁹² Akıllı malzemeler ilk defa 1900'lerin sonuna doğru tanıtılmasına rağmen bu malzemelerin tekstil alanındaki ilk kullanımlarının çok daha önceleri gerçekleştirildiği bilinmektedir.

Yüzyıllar önce tekstillerin temel işlevi insanı soğuktan ve yağmurdan korumak olarak ortaya çıkmıştır. Ancak tarihsel süreçte zamanla estetik yönler de giyimde rol oynamaya başlamıştır. Çok yakın zamanda akıllı ve etkileşimli tekstiller olmak üzere yeni nesil bir tekstil ortaya çıkmıştır. Akıllı tekstillerin tarihsel gelişimi

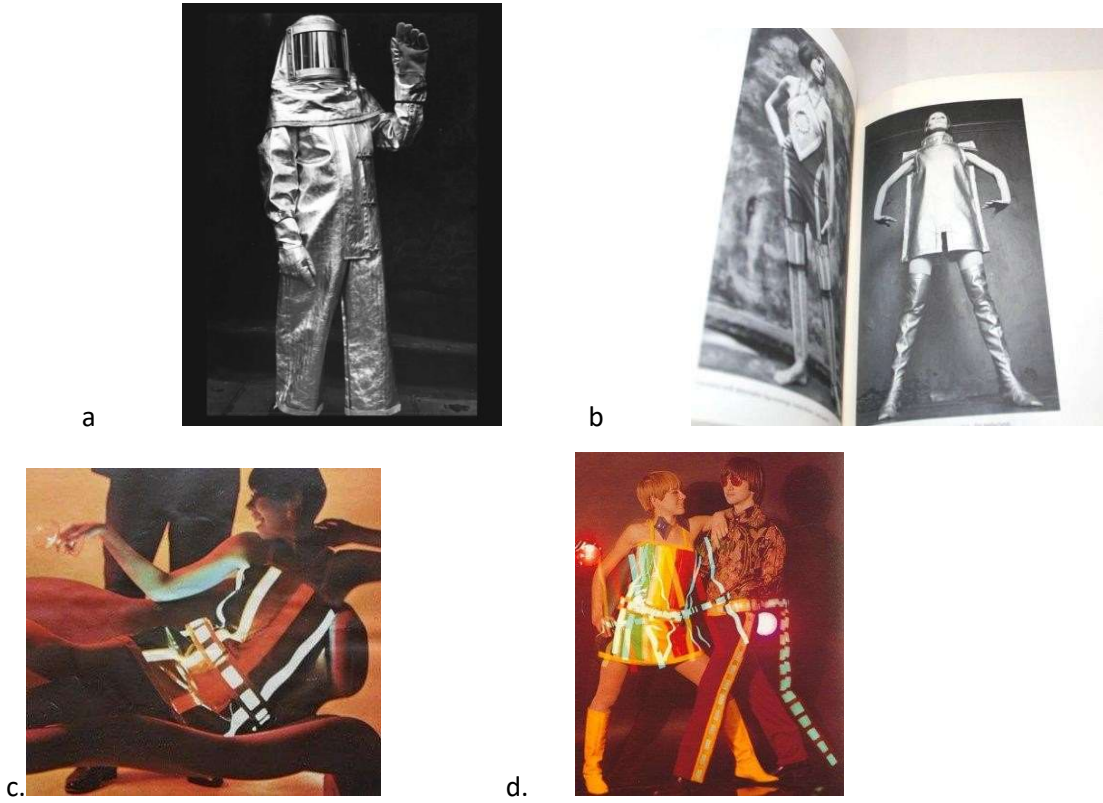
⁹¹Bkz. (85) , SYDUZZAMAN - PATWARY vd. 275.

⁹² V. KONCAR, "Introduction to smart textiles and their applications", In: Smart Textiles and their Applications, 1.

incelendiğinde, iletken iplikler ve kumaşlar oluşturmak için gereken temel malzemelerin 1000 yıldan uzun bir süredir kullanıldığı görülmektedir.

Özellikle zanaatkârların yüzyıllardır kumaş ipliklerinin etrafına ince metal folyoları, çoğunlukla altın ve gümüşü sardıkları görülmektedir. Örneğin; 1500 ve 1600'lü yıllarda Kraliçe I. Elizabeth'in önlüklerinin çoğu altın sarılı iplikler ile işlenmiştir. 19. yüzyılın sonunda, toplumlarda elektrikli cihazların kullanımı yaygınlaştıkça, tasarımcılar ve mühendisler elektriği giyim ve mücevherle birleştirmeye başlamışlar ve bir dizi ışıklı ve motorlu kolye, şapka, broş ve kostüm geliştirmişlerdir. Örneğin; 1968 yılında New York'taki Çağdaş El Sanatları Müzesi, "Body Covering" adlı teknoloji ve hazır giyim arasındaki ilişkiye odaklanan çığır açan bir sergi düzenlemiştir. Gösteride astronotların uzay giysilerinin yanı sıra ışığı açıp söndürebilen, kendini ısıtan ve soğutabilen kıyafetler sunulmuştur. Bu koleksiyonda özellikle dikkat çeken şey, elektronik ile modayı birleştiren moda tasarımcısı Diana Dew tarafından yapılan alarm sirenleri çalabilen elektrominesans parti elbiseleri ve kemerlerdir.⁹³ Belirtilen örneklerin her birinin amacı farklı olsa da günümüzde elektronik, tekstil, sağlık gibi birçok sektörde kullanılan nanotekstil uygulamalarının temeli bu örneklerle dayanmaktadır.

⁹³ Bkz. (85), SYDUZZAMAN – PATWARY vd. 275



Şekil 3.2: a) NYC Müzesi Çağdaş El Sanatları Sergi: Astronotların uzay giysi, b) NYC Müzesi Çağdaş El Sanatları Sergi Kataloğu 1968, c-d) Diana Dew'nın Paraphernalia için tasarlanan elektrikli kıyafetleri.

Akıllı tekstiller işlevleri açısından üç gruba ayrılmıştır. Pasif akıllı tekstiller, bir tekstil ürününün yalnızca dış etkiyi ya da değişikliği algılaması özelliğine sahip olan tekstillerdir. Aktif akıllı tekstiller ise, dış etkiler ya da değişiklikleri algılayıp bunlara tepki veren ürünlerdir. Ultra akıllı tekstil ürünleri de aktif ve pasif akıllı tekstillerin algılama ve tepki verme becerilerine ek olarak uyum sağlama özellikleriyle ön plana çıkmaktadır.⁹⁴ Dış ortam tepkilerine göre akıllı tekstillerden pasif akıllı tekstiller yalnızca çevreyi algılayabilmeleri nedeniyle sensör özelliği taşımaktadırlar. Aktif

⁹⁴ Erman COŞKUN, *Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri*, 16.

akıllı tekstiller, ortamdaki gelen uyarıları algılayabilir ve bunlara tepki verebilir. Diğer bir ifadeyle aktif akıllı tekstiller sensör fonksiyonunun yanı sıra bir aktüatör fonksiyonuna da sahiptirler. Son olarak ultra akıllı tekstiller, davranışlarını koşullara göre ayarlama özelliğiyle pasif ve aktif tekstilleri bir adım daha ileri götürmektedir. Akıllı tekstiller esneklik, ergonomi, düşük güç tüketimi, entegrasyon ve nihayetinde otonomi olmak üzere kullanıcılara birçok avantaj sağlamaktadır.



Şekil 3.3 : Akıllı Tekstillerin Özellikleri ve Avantajları

Geleneksel tekstillere göre akıllı tekstillerin gösterdikleri performans daha yüksek ve kullanım özellikleri daha kapsamlıdır. Şekil 3.3'te akıllı tekstillerin özellikleri ve avantajları gösterilmektedir.

Almanya'da tekstil ve hazır giyime yönelik araştırmalar yürüten Hohenstein Araştırma Enstitüsü, akıllı tekstilleri 5 farklı sistemde sınıflandırmış. Bu sistemler

transfer sistemleri, uyum sağlayabilen sistemler, akıllı giysiler, aktarıcı sistemler ve mikroteknoloji-nanoteknolojidir.⁹⁵

- Transfer Sistemleri (Transfer Systems): Bu sistemler tekstil yüzeylerinin nanokapsül, mikrokapsül ve moleküler depo gibi yapılarla entegrasyonunu içermektedir. Bu entegrasyon aracılığıyla tekstil yüzeylerinin nem, sıcaklık ve basınç gibi dış etkenlere maruz kalması sonucunda aktif maddeler yayılmaktadır.

- Uyum Sağlayabilen (Adaptif) Sistemler (Adaptive Systems): Uyum sağlama becerisi olan bu sistemler, insan vücudunda ve çevrede meydana gelen değişikliklere ve koşullara kendiliğinden adapte olabilmektedirler. Transfer sistemlerine benzer şekilde uyum sağlayabilen sistemler nem, ısı ve ışık gibi değişimlere reaksiyon göstermektedirler.

- Akıllı Giysiler (Smart Clothing): Akıllı giysiler, elektronik materyallerin tekstillere entegrasyonu ile akıllı işlevler kazandıran teknolojilerdir. Genellikle yüksek teknoloji ürünü bu giysiler akıllı giyim, elektronik tekstiller, akıllı tekstil ürünleri, e-tekstiller veya akıllı kumaşlar olarak da adlandırılmaktadır. Bazı akıllı giysiler, iç içe dokunan devrelere sahip gelişmiş tekstiller kullanırken, bazı akıllı giysiler ise akıllı işlevselliği sağlamak için sensörler ve ek donanımlar içermektedir. Birçok akıllı giysi, Bluetooth veya Wi-Fi kullanarak ikincil cihazlardaki bir uygulamaya veya programa bağlanabilmektedir.

- Aktarıcı sistemler (Transponder Systems): Aktarıcı sistemler dahilindeki akıllı tekstiller, lazer kodları ya da radyo frekansı aracılığıyla içerik değişikliği yapılabilen ve yüklenebilen, küçültülmüş elektronik depolardır. Burada bluetooth, tüm yerel veya giyilebilir cihazlar için düşük güçte toplayıcı olarak işlev görürken, Wi-Fi ise buluta aktarım ve buluttan aktarım mekanizması görevi görmektedir.

- Mikroteknoloji ve Nanoteknoloji: Mikroteknoloji ve nanoteknoloji kullanımı sayesinde tekstillerin elektronik aksamlarla daha fazla birleştirilmesi mümkün

⁹⁵ <http://www.hohenstein.de/> (05/02/2020)

olmaktadır. Mikro veya nano boyutlardaki elektronik parçalar ve sensörler, tekstil ürünlerinde görünmeyecek biçimde entegre edilmektedirler.⁹⁶

Mikroliflerin gelişimi, önce ipeğin incelenmesinden ve taklit edilmesinden başlayarak, daha ince ve birçok yönden daha iyi lifler yaratan çok iyi bir örnektir. Bununla birlikte yakın zamana kadar çoğu tekstil ve giyimin cansız olduğu söylenebilir. Akıllı bir malzeme tabakası olarak insan cildi gibi giyilebilir nitelikte kıyafetlere sahip olmak artık yakın gelecekte mümkündür. Etkileşimli aksesuarlar, dokunsal cihazlar, ikinci deri özelliğindeki akıllı tekstiller veya gelişmiş dijital tasarım platformları gibi vücut için giyilebilir arayüzler günlük kullanım için benimsenecekse, mutlaka daha geniş sosyal bağlantılarla ilişki kurmalıdır. Giyilebilir ürünlerin tasarımına olan ilgi; kısmen teknolojinin toplumsal farkındalığından, estetik yaşayabilirliğinden ve nihayetinde moda yönüne yönelik değişimlerden kaynaklanmaktadır.

3.2. İnteraktif Tekstiller

Akıllı materyaller 3D baskı gibi yeni teknolojiler, interaktiflik ve biyomimetik tasarım gibi yeni tasarım yaklaşımlarıyla birlikte, yaratıcı uygulamalarda hem tasarım sürecinin katalizörleri hem de aktif birer ajan olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sanatçıların ve tasarımcıların teknolojik gerçeklikle doğrudan etkileşime girmesini sağlayan akıllı uygulamalar, karmaşık işlevsellik ve kullanıcıların algısal ve duygusal katılımını teşvik etmiştir. Performansları sayesinde akıllı malzeme sistemlerinin uygulanması; programlanabilir ve interaktif giysilerin,

⁹⁶ N. ŞAHİNOĞLU URAL- A.UYGUR, *Akıllı Tekstiller ve Günümüzdeki Bazı Uygulamaları*, 27.

aksesuarlar ve ayakkabıların geliştirilmesine yol açmış ve giyilebilir teknolojiler olarak akıllı uygulamalara katkıda bulunan çok sayıda araştırma ve moda yenilik denemelerinin odağı olmuştur.⁹⁷ 2000'li yıllardan itibaren geliştirilen örneklerin önemli bir bölümü, tekstil ürünleri aracılığıyla iletişimi sağlamak adına yapılmıştır.

İşveç'te yapılan bir çalışmada bir cep telefonuna kablosuz olarak bağlı bir eldiven geliştirilmiştir. Bu fikir, zorlu hava koşullarına maruz kalan ve görevleri gereği fiziksel olarak zorlu koşullarda çalışan kişilerle yapılan görüşmeler ve deneysel ürün tasarımı yardımıyla geliştirilmiştir. Konseptin iletişim, bilgi ve farklı sistemlere erişime izin vermek için kullanıcıyı tanımlayan açık bir fonksiyon olmak üzere üç tür işlevi vardır. Konsept, etkileşimin esas olarak ses ve el hareketleriyle gerçekleştiği üç parmaklı eldivende tasarlanmıştır. El hareketinin temeli, gerilmeye duyarlı bir tekstil yapısıdır.⁹⁸ Farklı bir örnekte ise bir giysinin kolundaki tuş takımları kullanılarak telefon numaralarını aramak, çağrı cihazı mesajları yazmak ve müzik çalmak için interaktif bir tekstil ürünü geliştirilmiştir.⁹⁹ Ev veya ofis için iç ortam tekstilleri aydınlatmayı, sıcaklığı veya diğer elektronik cihazları kontrol edebilir. Örneğin, bir televizyon uzaktan kumandası bir kanepenin koluna veya ışığı açmak için bir lamba anahtarı bir perdeye entegre edilebilir.

İnteraktif tekstiller, piller veya ışıklar gibi küçük elektronik bileşenlerin tekstil ürünlerinin içerisine gömülmesini sağlamakta ve daha sonra bir elektronik cihaz veya sensör olarak işlev görebilmektedirler. Bunlar kalp atış hızı monitörleri gibi tekstillere entegre edilebilen devreleri içermektedir. Biyometri alanında kullanıldığında, vücut ölçümlerini ve hesaplamalarını toplamaya yardımcı olabilir.

⁹⁷ Marinella FERRARA, **Smart Experience in Fashion Design: A Speculative Analysis of Smart Material Systems Applications**, 2.

⁹⁸ Lena T.H. BERGLIN, **Interactive Textile Structures Creating Multifunctional Textiles based on Smart Materials**, 53-54.

⁹⁹ D. MEOLI – T. MAY-PLUMLEE, **Interactive Electronic Textile Development: A Review of Technologies**, 1.

Tekstillerin sıcak, yumuşak ve keyfi verici yapıları yanı sıra çok çeşitli formlarda, boyutlarda, dokularda ve renklerde giysiler, mobilyalar ve dekorasyon için kullanılmalarına karşın, entegre devreler, mikroişlemciler ve nesnelerin interneti'ne doğru ilerleyen gelişmeler aracılığıyla bu iki alanın yakınlaşması umut vericidir. Bu cihazlar, çevreye zarar vermeden tekstillere entegre olarak her yerde tekstillerin esneklik, sıcaklık, estetik niteliklerinden faydalanabilme imkanı sunmaktadır. İnteraktif tekstiller özellikle sporla ilgilenen kişilerin su geçirmezlik, hava alma, vücut sıcaklığını koruma gibi özelliklere hizmet etmektedir.

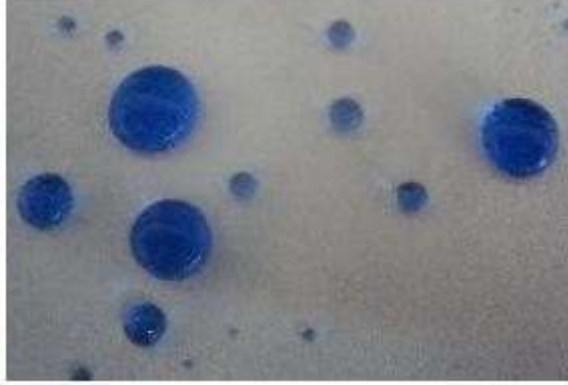
3.2.1. Su İtici ve Hava Alan Kumaşlar

Kumaşların su itici olmasını sağlayan işlemler, kumaşı yüzeyinin ıslanmamasını ve su damlalarının geçişini engelleyici ancak su buharının geçebilmesini sağlayan farklı bitim maddeleri ile gerçekleştirilen uygulamalardır.¹⁰⁰ Farklı ekstrem iklim koşullarında hava alabilen tekstiller, insan vücudunu dış ısı, rüzgar, su ve birçok faktörden korumakta ve aynı zamanda nemli buharın içeriden dış atmosfere etkili bir şekilde iletilmesini sağlamaktadır. Su geçirmez tekstillerde benzer şekilde suyun vücuda nüfuz etmesini veya absorplanmasını önlemektedir. Dağcılık, kayak, dalış, rafting gibi spor dallarında hem yüksek konfor hem de işlevsellik ön plandadır.

Koruyucu giysiler için gerekli bir fonksiyon olan su iticilik, kumaşlara rahatlık özelliği bozulmadan kazandırılan bir özelliktir. Su itici tekstillerin endüstriyel, tüketici ve giyim amaçlı birçok kullanımı vardır. Bu iticilik, tekstil elyaflarına ince

¹⁰⁰ İ. ÖZEN – O. DEMİRYÜREK, *Su İticilik Bitim İşleminin Farklı Yapıdaki Tekstil Malzemelerine Uygulanması İle Sağlanan Su Geçirmezlik Özelliklerinin Araştırılması*, 10.

bir yüzey kimyasal katmanı uygulayan su itici kimyasalların, mukavemet, esneklik, parlaklık, nefes alabilirlik, yumuşaklık gibi diğer mekanik ve estetik özelliklerinin çok fazla bozulmadan tekstil yüzey enerjisinin değiştirilmesiyle elde edilebilmektedir.¹⁰¹



Şekil 3.4: Su İtici Kumaş

Kumaşın su itici olmasını sağlamak için iki yöntem kullanılmaktadır. Lastik veya polivinilklorür halindeki süreklilik sağlayan bir madde ile tüm yüzey kaplanmasıyla kumaşa su iticilik özelliği kazandırılmaktadır. Ancak bu işlem sonucu vücuttaki nemin dışarı çıkması da engellenmektedir. Hidrofobik yüzey işleminde ise her bir lif su itici kimyasal ile kaplanmaktadır. Böylece kumaşın ıslanmaya karşı dirençli olması sağlanmakta ve nemin de çıkışına izin verilmektedir. Nemin çıkabilme özelliği, tamamı kaplanan kumaştan daha rahat olmasını sağlamaktadır. Su itici özellik için kullanılan maddeler şu şekilde sıralanmaktadır: alüminyum ve zirkonyum bileşikleri, parafin iticiler, proteinler, metal kompleksleri, piridinyum bileşikleri, stearik asit- metinol bileşikleri, melamin ve stearil bazlı su iticiler, silikon su iticiler, florin içeren iticiler.¹⁰²

¹⁰¹ K. P. CHOWDHURY, **Impact of Different Water Repellent Finishes on Cotton Double Jersey Fabrics**, 85.

Nefes alabilen kumaşlar insan vücudunu dış ısı, rüzgar, su ve birçok zararlı maddeden korumakta ve aynı zamanda nemin içeriden dış atmosfere etkili bir şekilde iletilmesine izin vermektedir. Bu kumaşlar kötü hava koşulları, özel tıbbi ve askeri alanda kullanım amacı ile üretilmektedir. Nefes alabilen kumaşlar pasif olarak su buharının içeriden yayılmasına izin verir, ancak dışarıdan sıvının girmesini önlemektedir. Kumaşın nefes alabilirliği, giysilerin nem buharının difüzyon yoluyla iletilmesine izin vermesi ve böylece buharlaşmalı soğutmayı kolaylaştırması olarak açıklanabilir.¹⁰³

Kumaşın hava geçirgenliği ise liflerin yapısı, iplik yapısı, kumaş konstrüksiyonu ve kumaş üzerinde gerçekleştirilen terbiye işlemleri ile sağlanmaktadır. Konstrüksiyonu sıkı ve kalın ipliğe sahip kumaşların hava geçirgenlik özelliği daha azdır. Doğal lifler, gözenekli olmalarından dolayı daha iyi hava geçirgenlik özelliğine sahiptir. Kumaş üzerinde gerçekleştirilen işlemler, hava geçirgenliği bakımından incelendiğinde kumaş gözenekliliğini değiştiren uygulamalardır. Böylece kumaşın hava geçirgenliği de değiştirilebilmektedir.¹⁰⁴ Su geçirmez nefes alabilen kumaşlar, nemin içeriden dış atmosfere etkili bir şekilde taşımaktadır. Aynı zamanda çeşitli çevresel koşullar altında sürekli konforlu bir giyim mikro iklimi sağlamak için insan vücudunu rüzgâr, yağmur ve soğuktan koruma özelliğine de sahiptir.

Geleneksel su geçirmez hava alabilen kumaşlar yoğun dokuma, lamine ve kaplanmış kumaşlar olarak üçe ayrılmaktadır. Lamine ve kaplanmış kumaşlar iki gruba ayrılır: mikro gözenekli malzemeler ve hidrofilik malzemeler. Lamine ve kaplanmış kumaşlar, kullanılan malzemelere göre nemi taşımak için farklı yollara

¹⁰² A. Ö. AĞIRGAN, Z. E. KANAT, H. Z. ÖZEK, **Nano Partiküllü Su İticilik Maddeleriyle İşlem Görmüş Pamuk Ve Polyester Dokuma Kumaşların Karşılaştırması**, 9.

¹⁰³ A. MUKHOPADHYAY - V. K. MIDHA, **A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics**, 226.

¹⁰⁴ S. UYANIK – P. DURU BAYKAL, **Vortex İpliklerden Örme Kumaşların Hava Geçirgenliği Üzerine Lif Cinsi, Karışım Oranı ve Kumaş Sıklığının Etkileri**, 69.

sahiptir. Lamine mikro gözenekli malzemeler ve kaplanmış kumaşlar, en küçük yağmur damlasının çok daha küçük ancak bir su buharı molekülünün boyutundan çok daha büyük deliklere sahiptir. Bu nedenle, su damlacıkları kumaşa nüfuz edemezken, su buharı molekülleri nüfuz edebilir. Öte yandan, lamine hidrofilik malzemeler ve kaplanmış kumaşlar su buharının farklı bir yoldan geçmesine izin verir. Geleneksel su geçirmez nefes alabilen kumaşlar yüksek su direncine ve rüzgâr geçirmez performansa sahipken, düşük su buharı geçirgenliği nedeniyle rahatsız edici olabilmektedir.¹⁰⁵

Schoeller firması tarafından nanoneknoloji kullanarak üretilmiş 3XDRY kumaşlara, belirli kimyasallar kullanılarak çabuk kuruma ve hava geçirme özelliği kazandırılmıştır. Bu kumaş vücutta ve giyside oluşan nemi normalde 8 kat daha hızlı dışarıya atabilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere, yüksek hava geçirme ve kirlenmeye karşı dirençli olma özelliği de bulunmaktadır. Bu kumaşların dış yüzeyi su itici özellik gösterirken iç yüzeyi nemi kolay bir şekilde absorbe etmektedir. Kumaşa uygulanan işlemler sonucunda kumaşın görüntüsü, tuşesi ve hava geçirgenliği olumsuz etkilenmemektedir.¹⁰⁶

¹⁰⁵ H. W. AHN – C. H. PARK – S. E. CHUNG, **Waterproof And Breathable Properties Of Nanoweb Applied Clothing**, 1438-1439.

¹⁰⁶ Bkz (94), ÇOŞKUN, 86.



Şekil 3.5 : 3XDRY Kumaşın Özellikleri¹⁰⁷

Özetle; bir tekstilin hava alabilirliği ve su itici özelliği, vücuda su temasını engelleyen veya tekstilin terleme vb. sonucu ortaya çıkan nemin salınmasını sağlayan, vücudun ısı dengesini düzenleyen önemli işlevlere sahiptir. Bu işlevler, belirli aktiviteler sırasında veya ekstrem koşullarda vücudun konforunu ve kuruluşunu sağlamaktadır. Bu tasarımlardaki mekanizma, hava alma ve su itme özelliklerinin sürekliliğini sağlayarak kullanıcıların rahatlığını sürdürmektir. Ancak belirtilen özelliklerin bazen tek başına yeterli olmadığı ya da farklı durumlar için farklı özelliklere sahip tasarımların gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle hijyen ve kolay temizlenme gibi özelliklerin arayışında hidrofilik kaplama gibi uygulamalar tercih edilmektedir.

¹⁰⁷ SCHOELLER, <https://www.schoeller-textiles.com/en/technologies/3xdry-bio>, (06/02/2020).

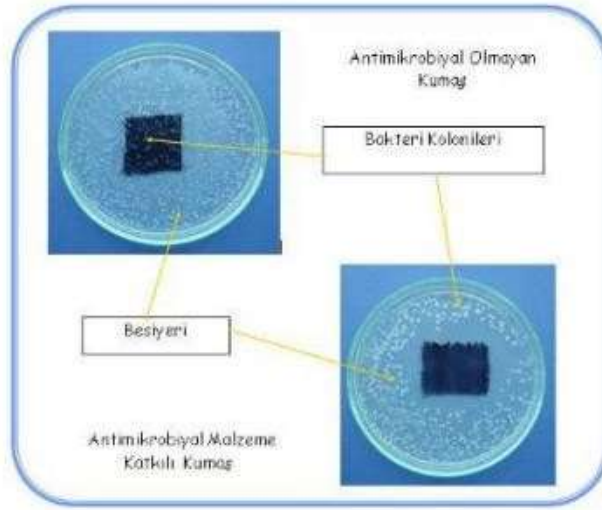
3.2.2. Hidrofilik kaplama

Özellikle sağlık sektöründe faaliyet gösteren hastanelere yüksek verimli ve dayanıklı antibakteriyel tekstillerin sağlanması, hastalar için bakteri içermeyen bir ortam sağlamak bakımından önemli bir önleyici tedbirdir. Hastane kaynaklı enfeksiyonlar, dünya çapında sağlık sistemleri için büyük bir mali yüke ve sağlık sorununa neden olmakta ve hasta bakımı sırasında sıkça görülen olumsuz olaylardır. Antibakteriyel işlevsellik kazandırmak ve böylece enfeksiyonların ortaya çıkmasını önlemek için tıbbi tekstillerin birçok bileşenle kaplandığı pek çok araştırma yürütülmüştür. Bu araştırmalarda hidrofilik kaplama ile üretilen tekstiller önemli bir yer tutmaktadır.

Hidrofilik kaplama teknik yüzeylerin hijyeni için birtakım avantajlar sunmaktadır. Hidrofilik kaplamalar daha az kirlenme, kolay temizlenme, bakteri çoğalmasının engellenmesi ve buğulanmanın önlenmesi gibi özellikler taşımaktadır.¹⁰⁸ Bu kapsamda antimikrobiyal yüzeyler, taşınan mikroorganizmaların çoğalmasını fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak inhibe eden veya azaltan ajanlar içerir. Antimikrobiyal yüzeyler çoğunlukla fonksiyonel kaplamalardan oluşmaktadır. Mikroorganizmalar için toksik kimyasal maddeler içeren, biyolojik olarak mikroorganizmalara fiziksel olarak müdahale eden polimerik maddeleri ya da polipeptit zincirlerini kalıcı olarak adsorbe eden veya emen bir kaplamaya sahip bir yüzey antimikrobiyal etki sağlayabilmektedir.¹⁰⁹

¹⁰⁸ H. SCHNEIDER - N. NIEGİSCH, - M. MENNIG - H. SCHMIDT, **Hydrophilic Coating Materials**, 187.

¹⁰⁹ S. ÖZCAN – N. ÇALIŞ AÇIKBAŞ – G. AÇIKBAŞ, “**Formation of Antibacterial Effect On Ceramic Tile Surfaces**”, 122.



Şekil 3.6 : Antibakteriyel ve antibakteriyel olmayan tekstilden farkı¹¹⁰

Tekstil lifleri, kendilerine has özellikleri nedeniyle mikrobiyal hasara karşı hassastır. Nanoteknoloji, tekstil malzemelerine antimikrobiyal özellikleri dahil etmek için kullanılabileceğinden tekstil endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Tekstillere antimikrobiyal bitim verilmesinin nedenleri, hastalıkların dışarıya yayılmasını önlemek, ter ve organik lekelerle ilgili kokuyu önlemek, küflerin yol açtığı tekstil bozulmasını önlemektir. Pamuk gibi doğal lifler higroskopiktir ve yüksek oranda nem tutucu olup mikroplar için bir besin kaynağı görevi görmektedir. Bu nedenle renk değişikliği, mekanik mukavemet kaybı, kötü koku oluşumu, hava geçirgenliğinde azalma gibi sebeplerden dolayı insanlar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Gümüş ve gümüş iyonları baskılayıcı ve bakterisidal etkiye sahiptir. Yüksek yüzey enerjisi ve küçük konsantrasyonlarda bile yüzey / hacim oranı nedeniyle gümüş nanoparçacıklar dökme gümüşe kıyasla daha yüksek antimikrobiyal aktivite sergilemektedir. Nanopartikül kaplamaları kumaş üzerine uygulandığında,

¹¹⁰ Ali AKPEK, “Medikal Kumaşlarda İyon İmplantasyon ve Konvansiyonel Nanoteknolojilerinin Antibakteriyel Etkilerinin Karşılaştırılması”, 35.

malzemenin lifleri ile bağlar oluşturmakta ve yüzey/hacim oranı bağın mukavemeti ile orantılı olmaktadır.¹¹¹

Nanotekstil ürünleri, belirttikleri üzere, AATCC testleri sonucunda %99-%100 antibakteriyel olma özelliğine sahip materyallerdir. S. aureus bakterisi için yapılan AATCC 100 and Shake flask test sonuçları doğrultusunda bu sonuçlara ulaşılmıştır. Bu uygulama sonucunda kumaş bakteri üremesini önlediği için vücut kokusunun oluşmasını da önlemektedir. Bu kapsamda inorganik maddeler sıcak gibi ortamlara karşı daha kararlı olduğu ve insan vücudu ile oldukça az etkileşime geçtiği için tercih nedeni olmaktadır. Bu doğrultuda kullanılabilir geçiş metallerinin çoğunluğu toksik olduğundan, gümüş iyonu (Ag⁺) ve titanyum dioksit (TiO₂) önemli antibakteriyeller etkisi oldukça fazladır.¹¹²

Nanolifler, **dokusuz** yüzeylerin üretimi için önem taşımaktadır. Çeşitli dokusuz kumaş yüzeyinde yer alan az miktarlardaki nano liflerin, kumaşın su tutma özelliğini arttırdığı ve su temas açısını azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte dokusuz yüzeylerde kullanılan nano liflerin, bu tür kumaşların hava direnci ve hava geçirgenliği gibi özelliklerini arttırdığı görülmüştür.¹¹³

Nanoteknoloji esaslı kaplamalar, tekstil için terbiye prosedürlerine yeni bir bakış olarak kabul edilmektedir. Nanoparçacıklar ve nanoyapılı malzemeler, yüzey modifikasyonu ve tekstil ürünlerinin akıllı işlevselleştirilmesi amacıyla tanıtılmaktadır. Nanopartiküllerin başarısı, büyüklükle ilişkili özellikleri ve yüksek yüzey alanı/hacim oranı ile ilişkilidir, bu da makrometre büyüklüğündeki parçacıklara kıyasla gelişmiş özelliklere sahip olmasını sağlamaktadır.¹¹⁴

¹¹¹ N.UDAY – A. FERNANDES - H.M. SHRAVYA, “Nano silver in antimicrobial textiles”, 1179.

¹¹² Bkz (110), AKPEK, 36.

¹¹³ Cem GÜNEŞOĞLU, “Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları (Nano Tekstiller)”, 32.

¹¹⁴ M. P. GASHTI, - E PAKDEL,- F.ALİMOHAMMADI, , Nanotechnology-based Coating Techniques for Smart Textiles, 243.

Tekstil malzemesinin mevcut işlevleriyle performans düzeylerini nanoteknoloji vasıtasıyla geliştirmenin temelleri atom ve moleküllerin yerlerini değiştirerek, gelişmiş teknolojiler (sol-jel, plazma vb.) ile **kaplama** işlemi gerçekleştirerek fonksiyonel yüzey tabakaları oluşturmaya dayanmaktadır. Tekstil malzemelerinde hijyenik ve tıbbi uygulamalar için nano kaplamalar ile birlikte nano gözenekli fonksiyonel kaplamalar üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Bununla birlikte tekstil malzemelerinin mevcut potansiyelleri ile fonksiyonlarını nanoteknoloji vasıtasıyla geliştirme söz konusu olduğu gibi, aynı zamanda nanoteknoloji yardımıyla çeşitli fonksiyonlara sahip olan nano boyutlarda yeni tekstil materyalleri (nanotüpler, nanokompozitler ve nanolifler)¹¹⁵ üretme imkanı bulunmaktadır.

Fonksiyonel kaplama uygulamalarının sağladığı olumlu sonuçlar şu şekilde verilebilmektedir: Dayanıklılık kazandırması, yeniden üretilebilir nitelikte olması, kolay uygulama ve maliyet etkinliği, özel yüzey morfolojisi ve çevre dostu olması.¹¹⁶

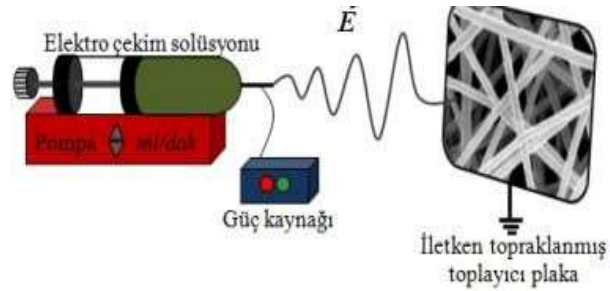
Elektro çekim tekniği son dönemlerde oldukça yaygın bir biçimde kullanılan, süreç ve kullanılan kimyasalların nitelikleri denetlenerek talep edilen niteliklerde ve kısa süre zarfında yüksek düzeyde spesifik yüzey alanına sahip miktarlarda nanolif elde etmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektro çekim tekniğinde 1 ml elektro çekim solüsyonu, metal bir iğnesi bulunan plastik malzemedan yapılmış olan bir şırıngaya doldurulur. Söz konusu şırınga belli bir düzeyde solüsyon çıkışı olacak biçimde akış kontrolü bulunan pompa sistemine yerleştirilir. Metal iğnenin tam karşısına gelecek şekilde topraklanmış bir metal toplayıcı plaka koyulur. Metal iğneye, güç kaynağı aracılığı ile elektrik beslenir (~ 5-100 V). Bu şekilde toplayıcı metal plaka ve metal iğne arasında metal iğneden plakaya doğru bir elektrik alanı kurulur. Metal iğneden çıkan polimer solüsyon damlacığı, iğneden plakaya doğru

¹¹⁵ Ş. CELEP – E.KOÇ, **Nanoteknoloji Ve Tekstilde Uygulama Alanları**, 45.

¹¹⁶ Y. K. KİM, **Nanotechnology-based Advancedcoatings and Functional Finishes for Textiles**, 91.

hızlı bir şekilde hareket eder ve söz konusu hareket biçimiyle beraber polimer damlacığı gittiği yol kadar uzar ve lif formunda toplayıcı plaka üstünde toplanır.¹¹⁷ Solüsyonun nitelikleri (yüzey gerilimi, elektrik iletkenliği ve vizkozitesi) ve uygulanan elektro çekim süreci değişkenleri ortaya çıkan liflerin boyutlarını belirlemede etkin rol oynar (Şekil 3.7.).

Farklı bir çalışmada da indirgenmiş grafen oksitten elde edilen bir karışımın çok iğneli elektro çekim aracılığıyla dokusuz yüzeye çekildiği ve dimetilformamid ile herhangi bir polimer kullanmaksızın nano ölçekte kaplanması sağlanmıştır. Kaplanan bu dokusuz yüzeyin spektroskopik¹¹⁸, morfolojik ve termal analizlerinin, tekstil üzerinde istenen özellikleri değiştirebildiği belirlenmiştir.



Şekil 3.7: Elektro Çekim İşleminin ve Etkili Olan Proses Parametrelerinin Şematik Gösterimi¹¹⁹

¹¹⁷ Yakup AYKUT, **Poliakrilonitril Nanolifler İçerisinde Altıgen Kobalt Sülfür Nanoplaka Sentezi**, 48.

¹¹⁸ M.H. ALMA – M. YAZICI – B. YILDIRIM – T. SALAN – İ.TİYEK, **Spunbond Dokusuz Tekstil Yüzeyi Üzerine Elektro Çekim Yöntemi ile Nano Boyutta Grafen Kaplanması ve Karakterizasyonu**, 243.

¹¹⁹ Bkz (117), AYKUT,48.

4. MEDİKAL NANOTEKSTİLLER

4.1. NanoBioTeknoloji ve Medikal Nanotekstili

4.1.1. Tıpta Nanotekstil Gelişimi

Tıpta nanoteknoloji kullanımının ilerlemesi sayesinde yeni ilaçların geliştirilmesi, yeni tanı ve tedavi yöntemlerinin uygulanması, hastalıkların ve travmatik yaralanmaların önlenmesi, ağrıların azaltılması, daha dayanıklı ve aynı zamanda hafif materyallerin üretilmesi mümkün olmuştur. Farmakoloji ve ilaçların insan vücuduna dağıtılmasını sağlayan yöntemler, hastaları takip etmek için kullanılan cihazlar ve hasta dokuların yenilenmesi nanoteknolojinin sağlık alanındaki odak noktalarındandır.¹²⁰ Nanoteknolojinin moleküler düzeydeki etki becerisi, yaşayan organizmalarla etkileşime geçebilen cihazların üretilerek insan sağlığının korunması ve geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu uygulamalar, insan vücudundaki sağlıklı dokulara hasar vermeden, bölgesel veya belirli dokulara özgü hastalıkların tedavi edilmesini sağlamaktadır.

Tekstil ve giysi ürünlerinde bakteri ve mikroplar çoğalarak uzun süre hayatta kalabilmekte ve bu ürünlerin renklerinin açılmasına, bio - parçalanmaya ve leke oluşumu gibi problemlere de neden olmaktadır. Tekstil ürünleri için geliştirilmiş çeşitli antibakteriyel ajanlar bulunmaktadır ancak bu ürünler çevreye ve insana zarar verdiklerinden dolayı pek tercih edilmemektedir.¹²¹ Çeşitli etkenlere karşı daha kararlı ve insan vücudu ile en az etkileşimde olan organik olmayan maddeler tercih edilmektedir.

¹²⁰ Z.GÖK-METİN – L.ÖZDEMİR, *Nanoteknolojinin Sağlık Alanındaki Kullanımı ve Hemşirenin Sorumlulukları*, 235.

¹²¹ M. BİLGİÇ – Ş.S. UĞUR, *Antimikrobiyal Medikal Tekstil Ürünleri için Oleuropein Uygulaması*, 105.

Bu kapsamda kullanılan geçiş metalleri genellikle toksik olduğu için antibakteriyel olarak gümüş iyonu (Ag^+) ve titanyum dioksit (TiO_2) ön plandadır. Gümüş iyonunun yüzlerce hastalığa sebep olan organizmaları etkisiz hale getirdiği ve en zararsız antibakteriyel olduğu belirtilmektedir.¹²² Ag^+ insan vücudu için en zararsız antibakteriyelerden olduğu için tıbbi uygulamalarda ve nanotekstil ürünlerinde kullanılmaktadır. Metal gümüş - inert haldedir ancak ciltle temas olduğunda, cilt üzerindeki nem ve yaranın sıvısı onu iyonize hale getirmektedir. İyonize gümüş son derece reaktiftir. Hücre içindeki proteinlere bağlanmak ve onları etkisiz hale getirmek suretiyle, mikroorganizmaların ölümüne yol açmaktadır.¹²³



Şekil 4.1: a.) Gümüş naylon lifi

b.) Gümüş naylon lifli Antibakteriyel çorap

Glasgow Üniversitesi'nden bir ekip, akıllı bandaj üretmiş, biyolojik ortamda bozulan polimer ile ürettikleri bandaj sayesinde yaralı tendonların tedavi sürecinde başarılı olmuşlardır. Bu süreçte hasar gören dokular yenilenirken tendonun

¹²² P. ARSLAN – A.E. TAYYAR, **Tekstil Alanında Kullanılan Antimikrobiyal Maddeler, Çalışma Mekanizmaları, Uygulamaları ve Antimikrobiyal Etkinlik Değerlendirme Yöntemleri**, 944.

¹²³ C. CAN – A.KÖRLÜ, **Antibakteriyel Tekstil Üretiminde Sıkça Kullanılan Gümüşün Etki Mekanizması ve Toksisitesi**, 56

çevresinde oluklu bandaj hasarlı dokuya yapışmayı engelleyerek iyileşmesini hızlandırmaktadır.¹²⁴

İsveçre’de tekstil fakültesinde okuyan Marjan Kouroshnia yüz maskeleri tasarlamıştır; maskeler ağır solunum yolu enfeksiyonlarında vücut ısısında artışı olunca termokromik mürekkeple basılmış olan desenlerin renk değiştirmesi esasına dayanılarak geliştirilmiştir¹²⁵



Şekil 4.2 : Marjan Kouroshnia tasarımı tıbbi maskeler

İlgi çeken alanlardan bir diğeri de ilaç ve tekstil sektörünün birbirine entegrasyonudur. Söz konusu alanın en önemli icadı, Lycra ve International Flavors & Frangrances firmalarınca geliştirilmiş olan Lycra Body Care olarak adlandırılan kumaştır. Özel mikrokapsüller aracılığıyla deri ile temas halinde bulunduğu aromatik bileşimlerden ve anti-selülit kremlerden, E vitamini ve aloe vera özü gibi pek çok faydalı madde salınımı gerçekleştirebilmektedir.¹²⁶ Böylece, bu kumaşları kullanan kişilerin de iyileşme sürelerinin kısılması beklenmektedir.

¹²⁴ Tülay DURAN, *Nanoteknoloji ve Uygulama Alanları*, 34.

¹²⁵ Ö. ERDEM İŞMAL, E.YÜKSEL, *Tekstil ve Moda Tasarımına Teknolojik Bir Yaklaşım: Akıllı ve Renk Değiştiren Tekstiller*, 95

Tekstil teknolojisi ve polimerik nanokompozisyonların desteğiyle biporoz bir ultra emici olarak ortaya konulan tekstil ve ilaç temelli kompozit iyileştirici niteliği bulunan Coletex tekstiller, onkoloji hastaları için geçerli olan tedavi süreçlerinde özellikle kullanılmaktadır. Bu tekstil temelli nanokompozitler, gereken ilaçların vücuttaki kanserli tümör üzerinde etkili olmasını ve bu tümöre yönlendirilmesine olanak sunmaktadır. Nanokompozitler, bünyelerinde ilaç barındırabilen medikal enjeksiyonlar biçimindedir.¹²⁷ Bu gelişmelerin tümü, onkoloji hastalarının hayat standartlarını yükseltebilen ve hastalık tekrardan başlamadan hayat sürelerini uzatmayı mümkün kılmaktadır.

Hastanenin sorumluluğunda olan risk faktörlerinin ortaya çıkmasına neden olabilecek unsurlar arasında yer alan en önemli konu hastane enfeksiyonlarıdır. Hastanede çalışanlar, hasta olarak yatanlar, onların refakatçileri ve ziyaretçileri için oldukça büyük bir tehlike kaynağını oluşturmaktadır. Buna ilişkin küresel çapta ortaya konulan istatistiki çalışmalar sonucunda ortaya çıkarılan veriler, hastane enfeksiyonlarının sıklık düzeyinin % 3 ve % 17 arasında bulunduğunu; yoğun bakım birimi gibi ünitelerde söz konusu oranın yüzde 20 ile yüzde 40 olduğu belirtilmektedir.¹²⁸ Hastanelerdeki enfeksiyon sıklığı göz önünde bulundurulacak olursa, nanotekstil ürünlerinin antibakteriyel özelliği sayesinde bu oranların düşürülmesi mümkün görünmektedir.

Hastanelerde meydana gelen enfeksiyonların başlıca nedeni ise hastanenin kullandığı tekstil ürünleridir. Bu tekstiller içerisinde üreyen milyonlarca bakteriler arasında en tehlikelilerinden biri Staphylococcus aureus adındaki, genellikle Cerrahi Alan Enfeksiyonları şeklinde tanımlanan bakteri çeşididir. Söz konusu bakteri, hastanelerde mutasyona uğrayarak antibiyotiklere dayanıklı bir yapıya dönüştüğünde Metisilin Dirençli Staphylococcus aureus (MRSA) olarak adlandırılmakta ve doğru

¹²⁶ Havva HALAÇELİ, *Elastan İçeren Dokuma Kumaşlarda Üç Boyutlu Yaklaşımlar*, 20.

¹²⁷ Bkz (120), GÖK-METİN, 237.

¹²⁸ Zeynep ÖZCAN, *Hastane İşletmecisinin Enfeksiyon Riskine Bağlı Tehlike Sorumluluğu*, 557.

şekilde gerekli olan süre zarfında tedavi edilmediğinde ölümlere yol açabilmektedir.¹²⁹ Bu tür bir riski içeren ortamda bu tür bakterilerin çoğalmasının önüne geçilebilmesi için antibakteriyel özellikli nanotekstil ürünlerinin kullanılması oldukça önemlidir.

Ortaya konulabilecek en iyi çözüm yolu bakteri türlerinin her birine karşı etkili olan ve yıkama sonrasında antibakteriyel etkinlik düzeyini yitirmeyecek olan medikal tekstiller üretmektir. Alandaki yeni teknoloji sistemleri eşsiz ve tek aşamalı sono-kimyasal kaplama işlemini temel almaktadır. Söz konusu teknoloji sistemi nano partikülleri, bütün alt tabakaya gömme olanağı sunmaktadır.¹³⁰ Bu sürecin sahip olduğu başlıca avantajlar ise şu şekilde ifade edilmektedir: Basit, tek adımlı süreç, düşük maliyetli, kumaşın rengini, niteliğini değiştirmez, hızlı, seri üretim mümkün – ölçeklendirilebilir, çok güçlü anti-bakteriyel özellik içerir, her türlü alt tabakaya uygulanabilir, çevre dostu ve güvenli kaplama yöntemi, bağlayıcıya gerek duymaz, sert işleme dayanıklıdır.

Söz konusu teknoloji, lif türlerinin tümünde antibakteriyel özelliklerin oluşmasını sağlamaktadır. Nanotekstil bu durumda kumaşlarda nanoteknoloji aracılığıyla bakteriyel çoğalmayı ve hastane ortamlarında dağılma yetisini engellemeyi temel almaktadır. Söz konusu durum hastane kaynaklı ortaya çıkan enfeksiyonlar yanında sağlık personeli ve hastalar arasındaki çapraz kontaminasyonu da yüksek oranda düşürebilmektedir.¹³¹

Çinko Oksid (ZnO) nanopartiküller, çözelti içerisinde sono-kimyasal bir işlem sonucunda oluşturularak tekstilin yüzeyine atılmaktadır. Sono-kimyasal işlem esnasında, moleküller oldukça güçlü ultrason radyasyonunun (20 KHz -10 MHz)

¹²⁹ Ali UZUNKÖY, *Cerrahi Alan Enfeksiyonları: Risk Faktörleri Ve Önleme Yöntemleri*, 272.

¹³⁰ CORDIS, *A Pilot Line Of Antibacterial And Antifungal Medical Textiles Based On A Sonochemical Process*, 1.

¹³¹ GLOBES, *Israeli Co Nano Textile Unveils Antibacterial Fabric*.

uygulanmasından dolayı kimyasal bir tepkimeye girmektedir. Bunun yanı sıra kumaşlar, antibakteriyel niteliklerini yitirmeden, medikal tesislerin standart ihtiyaçlarının çok üstünde, 92°C'de 65 yıkama ve 75° C'de 100 yıkama koşullarına kadar dayanabilmektedir.¹³² Bu teknoloji sayesinde kumaşlar antibakteriyel özellikleri kaybolmadan, uzun süre kullanılabilen ve steril bir ortam sağlanabilmektedir.

Akıllı giysiler diğer bir nanotekstil ürünüdür. Bu tür kumaşlara sahip bazı giysiler nabız, tansiyon ve kalp atışı gibi 30 hayati göstereyi 24 saat boyunca ölçebilmektedir. Bazı çarşafklar oda ısısına göre renk değiştirirken bazıları kalp atışlarını ölçebilmektedir. Bu tür kumaşların bakteri ve mantar tutmama, kızılötesi radyasyonu emme, ısıyı düzenleme ve statik elektrik birikimini engelleme gibi özellikleri vardır.¹³³ Bu sayede kişilerin kan dolaşımını düzenlenerek metabozimasının düzenlenmesi mümkün olabilmektedir.

Bu konudaki gelişmelerden birisi de “Oricalco” giysisidir. Kişinin beden hatlarını ezberleyen ve dış çevreye göre kendisini ayarlayabilen bu giysi büyük ilgi ve talep görmüştür.¹³⁴ Bunun yanı sıra ABD Textronics şirketi tarafından üretilmiş olan NuMetrex kumaşından yapılan sütyenler bireyin kalp atışını takip etmekte ve nefes alışını kontrol altında tutmaktadır.¹³⁵

¹³² EDN, **Nano Textile Introduces Novel Technology to Fight Hospital-Acquired Infections.**

¹³³ ŞEYDA CELEP, **Nanoteknoloji Ve Tekstilde Uygulama Alanları**, 59.

¹³⁴ SABINE SEYMOUR, **Fashionable Thechology**, 188.

¹³⁵ BUSSINESWIRE, **Textronics(TM) Introduces Heart Sensing Sports Bra; NuMetrex(TM) Sports Bra Monitors Heart Rate with Innovative Built-in Heart Monitor.**



Şekil 4.3 : Şekil Hafıza Tekstili¹³⁶

Sağlık ve tıp alanında nanoteknolojiye gelişmiş ülkeler tarafından oldukça fazla yatırım yapılmaktadır. Bunun örneklerinden birisi, ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) onayıyla, kanser ilaçlarının nanopartiküller yoluyla verilmesidir. Bunun için hastalığın yerini tespit edebilen biyosensörler ile nanodüzeydeki yarı iletken kuantum noktaları kullanılmaktadır.¹³⁷

Bunların yanında nanokristaller adı verilen floresan kuantum noktaları, kanserli hücreleri veya tüberküloz (TB) veya HIV ile enfekte olmuş hücreleri hedef alan antikörlere yönlendirilebilmektedir. Bu noktalar ayrıca kan hücresinin iç zarında bir ağ oluşturan proteini sayesinde, sıtma tanısını koymak için de kullanılmaktadır.¹³⁸

HIV ya da Kanser gibi hastalıkların tespit edilmesinde biyosensör olarak kullanılan diğer nanopartiküller arasında karbon nanotüpler ve nanoteller de

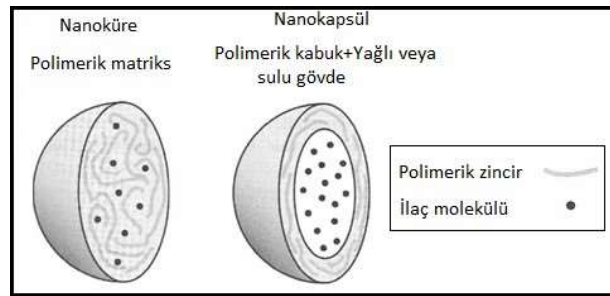
¹³⁶ <https://www.gzinnovation.eu/material/7/shape-memory-materials>

¹³⁷ D. B.VIEIRA- L. F. GAMARRA, **Advances In The Use Of Nanocarriers For Cancer Diagnosis And Treatment**, 100.

¹³⁸ S. J. ROSENTHAL,- J.C. CHANG, -O.KOVTUN,- J.R. MCBRİDE- I.D.TOMLİNSON, **Biocompatible Quantum Dots for Biological Applications**, 16.

bulunmaktadır. Bu kanser biyosensörleri, nükleik asit problemlerinin nano uçlara bağlanmasıyla işlevsel hale gelmektedir. Mutasyona uğramış olan RNA, problemlerle etkileşime geçtiğinde, nanosensörün gömülü olduğu silikon çip tarafından tespit edilen nanotel boyunca elektrik akımları indüklenmektedir.¹³⁹ Böylece kanserli hücreler tespit edilebilmektedir. Nanoteknolojinin bu kapsamda ilaç dağıtım sistemlerinde önemli kullanım alanları bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir.

- Nanokapsüller: İlaçların vücut içerisinde sürekli ve yavaş bir şekilde salınmasını sağlayan ilaç kapsülleridir.

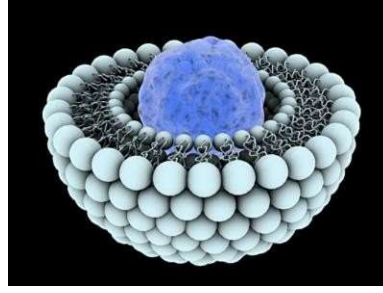


Şekil 4.4: Nanokapsül ¹⁴⁰

Lipozomlar: suni yapay vesiküller olarak membranlara kolaylıkla yapışabilir özelliktedirler. Özellikle kanser, mantar enfeksiyonları, hepatit A ve influenza gibi hastalıkların tedavisinde aktif olarak kullanılmaktadır.

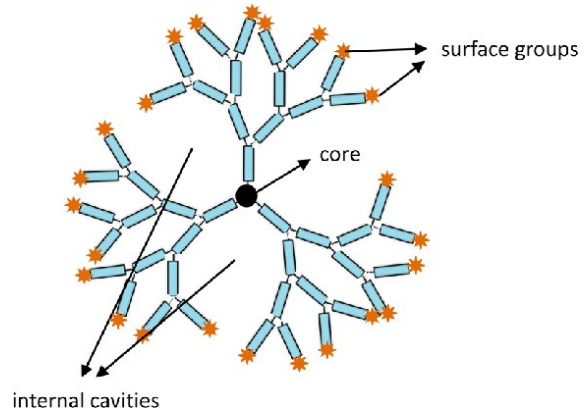
¹³⁹ Zülfü TÜYLEK, **İlaç Taşıyıcı Sistemler Ve Nanoteknolojik Etkileşim**, 91

¹⁴⁰ <https://metininci.files.wordpress.com/2014/07/inovatif-kimya-dergisi-sayi-15.pdf>



Şekil 4.5: Lipozom ¹⁴¹

Dendrimerler: Sentetik nanomoleküllerden oluşan dendrimerler, dallardan meydana gelmekte ve uçlarında ilaçlar bulunmaktadır.



Şekil 4.6. : Dendrimerler

- Nanobiomagnetler: Dış bir mıknatıs tarafından istenilen bölgede tutulabilen ve ilaç taşıyan nanobiomagnetler, ilacın kanserli bölgede yeterince uzun süre tutulmasını böylece ilacın yeterince emilmesini sağlamaktadır.

¹⁴¹<https://kimyaca.com/kanser-tedavisinde-lipozom-arastirmalari-nanoteknolojiyle-bulusuyor/>

- Nanotüpler ve nanopartiküller: Yaşam göstergelerin izlenmesi, glikoz, karbondioksit ve kolesterol sensörleri ve homeostazın izlenmesi için kullanılmaktadır. Aynı zamanda vücudun metabolik dengesini de korumaktadır.

Nanotıp uygulamalarından ilki antimikrobiyal bir madde olan nanokristalin gümüşün kullanılmasıdır.¹⁴² Bunun yanı sıra, geliştirilmiş olan Nanoparçacık krem ile staph enfeksiyonlarının tedavisi mümkün olabilmektedir. Nanopartiküller, bakterileri öldürdüğü bilinen nitrik oksit gazı içermektedir. Fareler üzerinde yapılan deneylerde, staph apselerinde nitrik oksit gazı açığa çıkarmak için nanoparçacık kreminin kullanılmasının enfeksiyonu önemli ölçüde azalttığını ortaya konmuştur.¹⁴³

Bu gelişmelerle birlikte antibiyotik içeren nanokapsül içeren pansumanlar, enfeksiyon bulunan yaradaki zararlı bakterilerin yayılmadan yok edilmesini sağlamaktadır.¹⁴⁴ Böylece enfeksiyon hızlı bir şekilde tedavi edilerek pansumanın yenilenme süresini de azaltmaktadır.

4.1.2. Tıbbi Tekstil Ürünleri

Mikroorganizmalar, her türlü yüzeyde (vücut, toprak, hava vb.) mevcut olabilmektedir. Uygun çevre koşullarında ise hızla çoğalabilmektedir. Bakterilerin yeterli ısı ve nem koşullarında gelişebilmesi için bir besin kaynağına ihtiyaçları vardır. Bu kaynaklar da tekstil malzemelerinde mevcuttur. Tekstil malzemelerine yerleşen bakteriler kötü kokulara, biyolojik parçalanmaya ve lekelenmelere neden

¹⁴² Understandingnano.com, **Nanoparticles in Antibacterial Treatments.**

¹⁴³ Understandingnano.com, **Novel Nanotechnology Heals Abscesses Caused by Resistant Staph Bacteria.**

¹⁴⁴ V. KUMAR-M. BHATELE, **Proceedings of All India Seminar on Biomedical Engineering** , 58.

olmaktadır.¹⁴⁵ Tıpta sıkça kullanılan tekstil mazlemelerinde ise bu tür bakterilerin ve mikroorganizmaların varlığı steril ortamlar için tehdit oluşturduğundan, bu durum bir sorun teşkil etmektedir.

Tıp alanında kullanılan medikal tekstil ürünleri çok kullanımlık ve tek kullanımlık olarak ikiye ayrılmaktadır. Tek kullanımlık ürünler arasında yer alan cerrahi giysiler gibi mazlemeler, dokusuz yüzey şeklinde tanımlanan kumaşlardan üretilmektedir.¹⁴⁶ Çok kullanımlık mazlemeler ise dokuma kumaştan üretilerek yıkama ve sterilizasyon işlemlerinden geçmektedir.

Medikal tekstil ürünlerinde sıvı iticilik, sıvı geçirmezlik, hava geçirgenliği gibi özellikler, özellikle uzun süren operasyonlarda koruma ve rahatlık bakımından önem taşımaktadır. Bu sebeple medikal tekstil mazlemelerinde bakteri bulaşma riski, bariyer etkinliği, konfor özellikleri, hasta ve personelin güvenliği ve maliyet ile ilgili konulara önem verilmesi gerekmektedir.¹⁴⁷

25-30 sene içinde tıp tekstili sektörü, tıpta kullanılan medikal tekstil türleri çok değişmiş ve gelişmiştir. Bunun asıl nedeni teknik ve bilimdeki gelişmelerle birlikte dünyada sosyal güvencenin ve sosyal bilincin artmasıdır. Temel bilim (fizik, kimya, matematik, biyoloji), mühendislik (bilgisayar, kompozit üretimi) ve uygulamalı dalların gelişimi, elyaf ve tekstil alanında mekanik ve teknik üretim teknolojilerinin iyileştirmeleri medikal malzeme, ürün, tedavi sürecinde kullanılan cihazların üretiminde büyük rol oynamıştır. Bu gelişmelerden önce sadece sargı bantları, gazlı bez, pamuk ve doktor önlüğü medikal tekstil olarak kabul edilmiştir. Bunlar önemini bugün de korumakla birlikte, nano ve biyoteknoloji sayesinde geliştirilip yeni

¹⁴⁵ M. AKAYDIN –M. KALKANCI, **Hastane Giysisi Olarak Kullanılan Kumaşların Antibakteriyel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma**, 21.

¹⁴⁶ O. PAMUK – Z. ÖNDOĞAN, **Cerrahi Personelin Ameliyat Önlükleri İle İlgili Görüşlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma**, 142.

¹⁴⁷ M. E. ÜREYEN-A.ÇAVDAR- A.S. KOPARALI- Aydın DOĞAN, **Yeni Geliştirilen Gümüş Katkılı Antimikrobiyal Tekstil Kimyasalı ve Bu Kimyasal İle İşlem Görmüş Kumaşların Antibakteriyel Performansları**, 26.

özellikler ile donatılmaktadır (tedavi edici, emici vs). Aşağıdaki tabloda kullanım alanı, elyaf içeriği ve diğer özellikler ile medikal tekstik gruplandırması ve sınıflandırması yapılmıştır. Medikal tekstiller hijyenik tekstiller, implantatlar, *Ekstrakorporeal*¹⁴⁸ cihaz, yara kaplama ve sargı malzemeleri, antimikrobiyal nevresim, iç çamaşır, personel koruma giyisi, hasta odası ve ameliyathane antiviral kaplamalar olarak sınıflandırılabilir.

Tablo 4.1. Tekstil Bazlı İmplantat

Elyaf tipi	Tekstil türü	İmplantat tipi
Kollajen, poliglolik, polilaktid, doğal, catgut damarlar	monofilament ip	Biyolojik olarak dağılan dikiş malzemesi
Polyester, polipropilen, polietilen, politetrafloroetilen, Kollajen, poliamid	Kumaş, örgü	Yapay tendonlar
Polyester, karbon, Kollajen	Örgü	yapay bağlar
Polietilen (alçak basınç)	Örgü	Yapay kırıldak
Polyester, politetrafloroetilen	Yuvarlak örgü, triko	Kan damarları
Kollajen, polilaktid, kitin	Düz örme triko	Doku mühendisliği, yapay doku
Polyester, politetrafloroetilen	Triko	kalp kapakçık elemanları
Polyester, politetrafloroetilen	monofilament iplikler (nano)	Sinir lifleri
polimetil akrilat silikon, Kollajen		Yapay kemik bağları
polietilen tereftalat	Örgü malzemeleri	Damarlar

¹⁴⁸ Bkz.(25), Кричевский, 56

Tablo 4.2 : Ekstrakorporeal Tekstil Cihazı

Elyaf ve tekstil türü	Kullanan organ	Foksiyon
İçi boş polyester lifleri	Yapay böbrek	Kan temizlemesi
İçi boş viskon lifleri	Yapay karaciğer	Plazma temizliği
İçi boş polipropilen lifler ve silikon membranlar	Mekanik akciğer	Kandan CO ₂ ayrıştırması ve temiz O ₂ takviyesi
“Akıllı” lateks, triko	Teşhis koyma	Hastanın durumunu tespit etme ve teşhis etmek için sensörlü giysisi

Tablo 4.3. Koruyucu Giysi, Hijyenik Tekstil

Elyaf tipi	Tekstil türü	Ürün çeşidi
Pamuk, polyester ve polipropilen	Kumaş ve kumaş olmayan	Cerrah pantolonu ve gömleği
Viskon	Kumaş olmayan	Cerrah şapkası
Viskon, polyester ve camelyaf	Kumaş olmayan	Cerrah maskesi
Pamuk, polyester, poliamid, elastomerik iplik	Triko	Cerrah çorabı
Polyester ve polietilen	Kumaş ve kumaş olmayan	Ameliyathane kaplaması
Pamuk ve polyester	Kumaş	Hastane giysisi
Pamuk	Kumaş	Hastane nevrismi
Pamuk ve polyester	Kumaş	Hastane personel giysisi
Polyester ve polipropilen	Kumaş olmayan	İdrar kaçırma malzemeleri: bez, örtü
Süper emilim lifler, kağıt katkı maddesi	Kumaş olmayan	Emilim materyalleri
Viskon ve liyosel	Kumaş olmayan	Silme malzemesi

Yukarıdaki tabloda verilere göre tekstilin yapay veya doğal olmasına bakılmaksızın tıpta çok kullanışlı ve fonksiyonlu olduğu görülmektedir. Malzemenin türü kullanılacağı alana ve fonksiyonuna göre değişiklik göstermektedir. Tekstille

İlgili bazı genel şartların varlığını açıklamakta fayda vardır. Medikal tekstil ürünü cilt ve iç organlar ile temas edecekse, “dost” olan lifler ve özellikle biyoyumlu polimerler tercih edilir. Fakat hastane nevresimi, personel giyisi, ameliyat giysisinde nefes alan, su itici ve antimikrobial olmasına dikkat edilir. Bu, hidrofilik selüloz liflerin kullanımı, gözenekli tekstil yapısının olması ve nano parçacıklı bitim kaplama ile elde edilmektedir.

Mikroorganizma büyüme düzeyi, kumaşın mevcut yapısı ve kullanımı ile bağlantılıdır. İşlemden geçen kumaşlar, hijyenik bakımdan sağlık alanında kullanım için daha uygun niteliktedir. Bunun nedeni ise antimikrobiyal, güvenilir ve dayanıklı olma niteliğini kazanmalarındır.¹⁴⁹ Bu bağlamda tekstilin medikal alanda kullanım etkisi ve çeşitliliğinin arttırıldığı söylenebilir. Medikal tekstillerin medikal alanda tercih edilmesi hem yarar hem de maliyet açısından oldukça önemlidir. Tek kullanımlık veya yeniden kullanılabilen ürünlerin seçimine ilişkin Gaziantep Üniversitesinde yapılan bir araştırma kapsamında yarar-maliyet analizleri gerçekleştirilmiş; araştırma sonunda elde edilen bulgular doğrultusunda tek kullanımlık örtü ve önlüklerin yüksek oranda yarar sağladığı belirlenmiştir.¹⁵⁰

4.1.3. Koruyucu Biyosidal Ürünler

Biyosidal Ürünler Yönetmeliği’ndeki “biyosidal ürün” tanımı ise: “Bir veya birden fazla aktif madde içeren, kullanıma hazır hâlde satışı sunulmuş, kimyasal veya biyolojik açıdan herhangi bir zararlı organizma üzerinde kontrol edici etki

¹⁴⁹ Simla ŞAHİN, **Medikal Alanda Kullanılan Tekstillerde Antibakteriyel Etkiler İçin Sol-Jel Uygulamaları**,7

¹⁵⁰ A BAYKASOĞLU.- T. DERELİ - N.YILANKIRKAN - A.İ. SÖNMEZ, **Medikal Tekstil Ürünlerin Seçiminde Fayda-Maliyet Analizi**, 20.

gösteren veya hareketini kısıtlayan, uzaklaştıran, zararsız kılan, yok eden aktif maddeleri ve müstahzarları ifade eder” şeklindedir.¹⁵¹

Biyosidal özellikleri kelime anlamıyla Yunanca’dan gelmiş ve canlı organizma öldürmek anlamına gelmektedir. Mikroorganizmaların ilk keşfi 250 sene önce büyüteçlerin bulunması ile (200 kat) mümkün olmuştur. Mikroorganizmaların araştırmasında Fransız bilim adamı ve doktor Louis Pasteur’ün (1822-1895) katkıları önemlidir. Mikroorganizmalarla mücadele etmek birkaç nedenle zordur. Bu nedenler;

- Küçük ve hatta nanopartiküler boyutta olmaları,
- Dayanıklı, değişken ortam şartlarına ayak uydurabilir olmaları,
- Fazla çeşit ve birbiriyle hareket halinde olmalarıyla denge kurabilmeleri.

Tekstil ürünlerinin sahip olduğu biyosidal nitelikler, değişik yapıya ve dezavantaj ve avantajlara sahip olan sentetik ve doğal biyosidal maddeler ile sağlanabilmektedir. Üreticiler, maddelerin genelini nanopartiküler biçimde üreterek sunmaktadır. Kimyasal liflerin üretilmesi evresinde biyosidal maddelerin kullanılması, biyosidal niteliklerine sahip olan elyafı üretmede avantaj sağlamaktadır. Ancak bu tekniğin boyama işlemi gibi kendilerine has olan belirli limitleri ve dezavantajları mevcuttur.

Kimyasal elyaf üretimi, fabrikalarda oldukça büyük partiler halinde gerçekleştirildiği için kimyasal elyaf kullanıcılarının kullanım olanağı ve alanı azalmaktadır. Kimyasal lifler çözeltilerden üretildiği için kullanılan maddelerin hepsi kimyasal reaktiflere ya da ısıya son derece dayanıklı olması gerekliliği söz konusudur. Fakat çoğu biyosid madde beklenen dayanıklılığı sağlayamamakta ve bu evrede kullanılamamaktadır. Gümüş ise en iyi dayanıklılığı gösteren maddedir ve üreticilerin çoğu gümüş içeren biyosidal elyaf üretimini gerçekleştirmektedir. Tüm

¹⁵¹ Biyosidal Ürünler Yönetmeliği, 1.Bölüm, 4.(c).madde

biyosid üretim teknolojilerinde çoklu yıkama ve kuru temizleme sonrası biyosidal özelliklerin korunması şartı aranır. Farklı ülkelerde çoklu yıkamadan sonraki biyosidal özelliklerine konulan şartlar farklılık göstermektedir. Örneğin, Japonya’da hastane nevresimler için 80°C’de 50 yıkama, ev nevresimi için 40°C’de 20 yıkamadır. Yıkama dayanıklılığı aşağıdaki şekilde yükseltilebilir:

- Biyosidin elyafın fonksiyonel gruplar arasında kovalent bağ kurulması,¹⁵²
- Tekstil ile maddenin bağlantısını sağlayacak özel bağlayıcıların kullanılması.

Antimikrobiyallerin kontrollü bir şekilde salınımına ilişkin olan bir diğer yaklaşım olan mikroenkapsülasyon, mikroorganizmalar ve böceklere karşı dirençli bir yapıya sahip olan tekstiller üretilmesini sağlayan fizikokimyasal tekniklerden biridir. Söz konusu teknikte bir substrat deposu, iki koruyucu plastik tabaka arasında sıkıştırılmış olan böceksavar ya da antibakteriyel nitelikte olan ve dış katmanlara geç eden aktif bir maddeyi bünyesinde barındırmaktadır. Bu aktif madde, ultraviyole ışık ya da su etkisi altında ayrışarak uzaklaştırılır ise, depodan kontrollü bir şekilde salınım mekanizması ile ek aktif madde alınabilmektedir. Substrat bünyesinde aktif insektisit ya da bakteriyosit barındırmaktadır ve bu iki dış katman, polietilen, vinil asetat, selülozikler ya da polyester olabilmektedir. Dış katman ve substratlarda kullanılan malzemelerin seçimi, insektisit ya da bakteriyositin kimyasal bileşimine bağımlı bir yapı sergilemektedir.¹⁵³ Bu bağlamda söz konusu yaklaşım, mikroorganizmalar, mikroenkapsülasyon ve böceklere karşı dirençli bir yapıya sahip olduğu ve bu yönde tekstillerin üretilmesini sağladığı için oldukça önemli bir yapıya sahiptir.

Tekstil yüzeylerinde mikropların çoğalmasını durdurabilecek bir yapıya sahip olan biyosidal hastane enfeksiyonlarındaki risk düzeyinin de azalmasını

¹⁵² Bkz. (25) Кричевский.,336

¹⁵³ P.ARSLAN - A.E.TAYYAR, **Tekstil Alanında Kullanılan Antimikrobiyal Maddeler, Çalışma Mekanizmaları, Uygulamaları ve Antimikrobiyal Etkinlik Değerlendirme Yöntemleri**, 941.

sağlamaktadır. Söz konusu yenilenme modeli, ilk kez 1998 yılında Sun ve Xu tarafından pamuk uygulaması için gösterilerek önerilmiştir. Bu tarihten itibaren, çeşitli heterosiklik N-halamin bileşikleri, polyester, naylon, keratinli ve pamuk liflere kovalent bağ ile bağlanarak sentetik ve selülozik kumaşlara aşılanmıştır. Çoğu zaman da yıkamayla ve substratların klor bulunduran sulu çözeltilerde tekrardan yüklenmesi yoluyla, yenilenebilir ve güçlü antimikrobiyal etki oluşturulmuştur.¹⁵⁴

Antimikrobiyaller ve biyosidal maddeler gün geçtikçe daha çok önem taşımaktadır. Medikal amaçlı materyallerde antimikrobiyal maddeleri tedavi edici maddelerle birlikte kullanılması oldukça önemlidir ve destekleyici bir yapıya sahiptir. Yeni nesil sargı materyallerinin ve yara pansuman materyallerinin kullanım konusundaki güçlükleri bir sonraki bölümde daha ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

4.1.4. Biyosidal Özellikleri, Teknoloji ve Üretimi

Biyosidal ürünlerin seçiminde, mikroorganizmaların sayısındaki artışta veya tamamen yok edilmesinde etkili biyokimyasal işlemleri anlamak gerekir. Mikroorganizmaların büyümesini durdurmak veya tamamen yok etmek için biyosidal maddenin en azından mikrop ile buluşması, ama en iyisi aralarında tepkime oluşması veya onun hücrelerine girmesi gerekir. Biyosid maddenin asıl etkisi üremenin genetik mekanizmasına nüfus ederek hücrede biyokimyasal süreçleri bozmakta yatar. Tüm mikroorganizmaları öldüremesek bile sadece üremeyi durdurmak da iyi sonuç

¹⁵⁴ Y. GAO- R. CRANSTON, **Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles**, 66.

verir çünkü çoğu vakada mikroorganizmanın kendisi zaten uzun ömürlü değildir (ancak birkaç saat). Tüm biyosid maddeler zehirli kimyasallar veya onkoloji uzmanlarının terminolojisinde kabul edildiği gibi sitostatik (hücre öldüren/hücre bölünmesini engelleyen)dir. Biyosid madde olarak organik, inorganik, ağır metal, klor ve kükürt içeren maddeler kullanılır.

Ağır metallerin çoğu, hem serbest halde hem de bileşiklerde, oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunan mikroorganizmalar için zehirleyici bir yapıya sahiptir. Hücre içinde bulunan proteinlere bağlanarak mikroorganizmaların ölmesini sağlamaktadırlar. Kobalt, bakır ve çinko gibi ağır metaller, tekstiller için oldukça etkin antimikrobiyal ürünler olarak değerlendirilmemelerine karşın, yara pansuman materyallerinin yanında genel tekstillerde en yaygın biçimde kullanılan maddenin gümüş olduğu belirtilmektedir. Birçok metalin antimikrobiyal etki sergilediği bilinmesine rağmen gümüş, diğer metallere göre daha fazla tercih edilmektedir. Bunun en önemli sebebi, gümüşün bakteriler karşısında en güçlü metal olma özelliği göstermesi, kontrollü bir şekilde kullanılmasında vücuda herhangi bir zararının olmaması, pek çok materyale göre son ürün haline getirilmesinin çok daha ucuz olması ve kolay biçimde üretilmesidir.

Bununla birlikte gümüşün sahip olduğu antimikrobiyal mekanizma konusunda net bir açıklama yapılmamaktadır. İlk başta gümüşten salınan Ag^+ iyonlarıyla negatif yüklü olan bakteri hücresi arasında meydana çıkan elektriksel çekim sonunda Ag^+ iyonlarının hücre duvarlarına doğru yaklaşması ile hücre duvarları üzerinde delikler açarak hücre geçirgenliğinin kontrol dışı artmasına neden olduğu için hücrelerin öldüğü yönünde fikirler ortaya atılmıştır.¹⁵⁵ Fakat son dönemlerde gerçekleştirilen araştırmalar, gümüşün hücresel enzimlere ve DNA'ya etki etmesi ile bunları etkisiz bir yapıya dönüştürdüğünü ileri sürmüştür. Ag^+ iyonlarının, mikroorganizmalardaki enzimlerin ve DNA'ların bünyelerinde yer alan tiyoller, amidler, imidazoller ve

¹⁵⁵ A. DURAL EREM - G. ÖZCAN, **Polimer esash nanokompozitler ve tekstil uygulamaları**, 41.

karboksilatlar gibi elektrona sahip olan bileşiklere bağlanma yolu ile etkisiz bir yapıya dönüştürdükleri belirlenmiştir.

Gümüş iyonların, gümüş nano partiküllerin ve metalik gümüşün bakteri hücrelerinde ortaya çıkardığı yapısal ve morfolojik değişimlerin irdelendiği araştırmalar temel alınarak, gümüşün bakterilerin hücre duvarlarına ve hücre zarına bağlandığı tiyol gruplarıyla etkileşime girerek solunum enzimlerini inhibe ederek, mikroorganizmanın ölmesine neden olduğu ifade edilmektedir.¹⁵⁶ Metalik yapıdaki gümüş, inert bir yapıdadır fakat cilt ile temas halinde bulunduğu cilt üzerindeki yara ve nemin sıvısından dolayı iyonize hale dönüşmektedir. İyonize gümüş ise oldukça reaktiftir ve doku proteinlerine bağlanıp bakteriyel hücre duvarında, sonrasında ise nükleer zarda yapısal değişimlere yol açarak mikroorganizmanın ölümüne neden olmaktadır. Geniş spektrumlu bir antimikrobiyal madde olan gümüş sülfadiazin, sülfadiazin ve gümüşün birleşiminden ortaya çıkmaktadır ve DNA yapısına hasar vererek mikroorganizmayı öldürme eğilimi göstermektedir.¹⁵⁷ Antibakteriyel bir yapıya sahip olmasından kaynaklı gümüşün pek çok alanda kullanım kolaylığının bulunması ve özellikle tekstilde kullanımının uygun olması konusu oldukça önemlidir.

4.2. Nanotekstillerin Medikal Alanında Kullanımları

Medikal alanda çeşitli amaçlar için kullanılan tekstil ürünleri, iç uygulamalar ve dış uygulamalar olarak medikal alanda iki ayrı gruba bölünmüştür. İç uygulamalarda bulunan tekstiller, kardiyovasküler implantlar, ilaç salınım sistemleri,

¹⁵⁶ E. İ. CANSIZ- KIRMUSAOĞLU S, **Nanoteknolojide Nano Gümüşün Antibakteriyel Özelliği**, 125

¹⁵⁷ C.CAN –A.KÖRLÜ, **Antibakteriyel Tekstil Üretiminde Sıkça Kullanılan Gümüşün Etki Mekanizması Ve Toksikitesi**, 55.

yumuşak doku implantları olarak belirtilmiştir. Dış uygulamalarda bulunan tekstiller ise kan filtreleme cihazları, hijyen ürünleri, yara örtüleri olarak belirtilmiştir.¹⁵⁸ Burada nanotekstillerin medikal uygulamalarında nanoliflerden, yara veya yanık örtülerinden ve dokusuz ürünlerden bahsedilmektedir.

4.2.1. Nanolif ve Tekstil Ürünleri Kullanarak Hasarlı Doku ve Organların İyileşmesi

Fizyolojik koşulları taklit edecek ve aynı zamanda hastaların kendi hücreleri tarafından rejenerasyonu teşvik edecek hasarlı veya hastalıklı doku için replasman yaratma fikri, on yıldan uzun bir süredir biyotıpta büyük bir zorluk olmuştur. Bu nedenle nanofiberler bu zorlukların üstesinden gelmek için umut verici bir çözümdür. Bunlar, daha büyük boyutlara veya formlara sahip malzemelere kıyasla gelişmiş özellikler gösteren ve bu nedenle farklı biyolojik tepkilere neden olan nanometrik çapa sahip katı polimer lifleridir. Nanometrik düzeyde, nanofiberler, mikrometrik ölçekli üç boyutlu mimari üzerinde, vücut içinde amaçlanan uygulama ile ilgili istenen yüzey özelliklerine sahipken, makrometrik ölçekte mekanik mukavemet ve fizyolojik kabul edilebilirlik ile biyomimetik bir ortam sağlamaktadır.¹⁵⁹

Nanofiberler, ekstra hücrel matriks, belirli yüzey alanları, gözeneklilik yapısını taklit edebilme yetisine sahip olan hafif materyaller olma niteliği taşıdığı için yara pansumanları, doku iskele (scaffold)¹⁶⁰ gibi medikal alanlarda kullanılmaktadır.¹⁶¹ Yeni nesil medikal tekstiller şeklinde de tanımlanabilecek

¹⁵⁸ H. SEZGİN - N. KIZILDAĞ - İpek YALÇIN ENİŞ –KÜÇÜKALİ ÖZTÜRK M., **Tıbbi Tekstillerde Nanoteknoloji**, 1-3.

¹⁵⁹ R. ROŠIĆ- P. KOCBEK - J. PELIPENKO, J.KRİSTL - S. BAUMGARTNER, **Nanofibers And Their Biomedical Use**, 297.

¹⁶⁰ https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7204/mod_resource/content/0/13.%20Hafta.pdf

¹⁶¹ G. KIM - J. PARK – S.PARK, **Surface-Treated and Multilayered Poly(e-caprolactone) Nanofiber Webs Exhibiting Enhanced Hydrophilicity**, 2038.

nanolifler, yüksek yüzey alanlarına sahip olduğu için kanamayı durdurma gibi özelliklere sahip, nanoformlarda ince lif yapısı sergilemesinden dolayı doğal ekstra hücresel matriks (hücre dışı) şeklini taklid edebilmekte ve hücrelerin tutunup¹⁶² gelişerek çoğalması adına elverişli bir ortam sağlaması açısından oldukça önemli bir yapıya sahiptir.

Biyokimyasal nanofiberleri yara iyileşmesi için uygun hale getiren yöntemlerden biri de elektro lif çekimi yöntemidir. Bu yöntem, gözenek boyutunun ve lif çapının kontrolüne izin veren ve böylece hücre infiltrasyonu üzerinde daha fazla kontrol sağlayan üç boyutlu iskelelerin (scaffold) üretim yöntemlerinden biridir.¹⁶³ Bu yöntemin kullanılması yara sargılarının geliştirilmesinde istenilen özelliklere sahip olduğu için oldukça rağbet görmektedir.¹⁶⁴ Kollajen nanofiber iskele (scaffold), biyolojik kökeninden dolayı bugüne kadar geliştirilen en biyomimetik deri ikamesi olarak değerlendirilmektedir. Bu alanda gerçekleştirilen çalışmalar da tip I kollajen nanofiberlerin keratinosit yapışması, proliferasyonu ve erken evre yara iyileşmesinde etkinliğini göstermiştir.

4.2.2. Yara-Yanık Örtüleri

Yara-yanık örtüleri, birçok medikal uygulamada yaraların enfekte olmasını önleyen ve aynı zamanda iyileşme sürecini hızlandıran, vücut dışı kullanıma uygun tekstil ürünlerdir. Yara-yanık örtülerinin kullanımı, yaraların hızlı iyileşmesini sağlamak amacıyla en uygun ortam şartlarını ve yaranın onarımını hedeflemektedir.

¹⁶² Zarife DOĞAN, *Nanolif Yara Örtücü Yüzeylerin Geliştirilmesi Ve Karakterizasyonu*, 18.

¹⁶³ M.REZAEİ-TAVİRANİ – E. BİAZAR - J. Al - S.HEİDARİ - A. ASEFNEJAD, *Fabrication of Collagen-Coated Poly (beta-hydroxy butyrate-co-beta-hydroxyvalerate) Nanofiber by Chemical and Physical Methods*, 386.

¹⁶⁴ Esmacil, BİAZAR, *Application of Polymeric Nanofibers in Soft Tissues Regeneration*, 1404.

Yara-yanık örtülerinin sahip olması gereken temel özellikler; biyoyumlu ve biyobozunur olmaları, mikrobiyal kontrol ve fiziksel olarak bariyer sağlamaları, bakretilerin yara bölgesine nüfuzunu azaltmaları ve örtüden sıvı sızmasını engellemeleridir. Ayrıca iyileşme sürecinde yapışkanlığın az olması, ısıyı hapsetmesi, kötü kokuya neden olmaması, uygun maliyetlerle satın alınabilmesi ve yara izinin giderilmesi de önemlidir.¹⁶⁵ Bu özellikler, yaralı veya yanık bölgelerin hızlı ve iz bırakmadan tedavi edilmesini sağlaması yanı sıra iyileşme sürecinde mikrobiyal kontaminasyonu engellemekte ve derinin fiziksel görünümünün de iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Herkes tarafından uygun maliyetlerle satın alınabilecek bu medikal tekstil ürünlerin kullanım kolaylığı ve kullanım sonrası bertaraf edilmelerinde biyolojik olarak çevreye zarar vermemeleri de nanoteknolojinin önemli potansiyelleri arasındadır.

Günümüzde sağlık personelinin her farklı yara ve yanık durumu için ideal tedaviyi seçmesini sağlayan medikal tekstil alternatifi bulunmaktadır. İnsan vücudunun zarar görmesi ve bozulmaya karşı korumaya yönelik ürünler de dahil olmak üzere iyileşmesini sağlayan bu ürünler, yıllar boyunca bilimsel ve teknolojik ilerlemelerden geçmektedir. Nanoteknoloji sayesinde bu ürünler; enfeksiyonların önlenmesi, hijyenik ve antiseptik ürünler, kimyasal, enzimatik, otolitik veya mekanik debridman için ürünler, yaraya doğrudan temas eden birincil pansuman örtüleri veya birincil pansumanları düzeltmeye yarayan ikincil örtüler, yara-yanık örtülerini sabitleyen ürünler, bandajlar ve topikal ajanlardır.¹⁶⁶ Geliştirilen bu yeni ürünler sadece iyileşme sürecini hızlandırmayı değil, aynı zamanda olası komplikasyonları azaltmayı da amaçlamaktadır. Böylece hastaların iyileşme kalitelerini de artırmakta ve iyileşme sürecinde yaşayabilecekleri enfeksiyon, ağrı, kötü görünüm gibi olumsuzlukları da azaltmaktadır.

¹⁶⁵ Gözde MUTLU, **Doku Rejenerasyonunda Kullanılmak Üzere Etken Madde Yüklü Nanofibriler Yapıların Hazırlanması ve Karakterizasyonu**, 19-20.

¹⁶⁶ M.M.P. SILVA – M.I.F. AGUIAR – A.B. RODRIGUES – M.D.C. MIRANDA – M.Â.M. ARAÚJO – I.L.T.P. ROLIM – A.M.A.SOUZA, **The Use of Nanoparticles in Wound Treatment: A Systematic Review**, 2.

Nanopartiküller, gümüş nanoparçacıkları ve yara tedavisinde umut vaat eden nitrik oksit ve kitosan gibi diğer bileşikler dahil olmak üzere dünya çapında geniş çapta kullanım alanı bulmaktadır.¹⁶⁷ Gümüş her zaman gümüş metal, gümüş nitrat, gümüş sülfadiazin şeklinde yara, yanık ve çeşitli bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde kullanılmıştır. 21. yüzyılda ise nanoteknoloji metallerin kimyasal, fiziksel ve optik özelliklerini önemli ölçüde değiştirerek modüle etme becerisi kazandırmaktadır. Örneğin; nanopartiküller şeklinde metalik gümüş, patojenik bakteriler çeşitli antibiyotiklere karşı direnç¹⁶⁸ geliştirdiğinden, güçlü bir antimikrobiyal ajan olarak kabul edilmektedir.

Yara örtüleri süngerler, filmler, membranlar, hidrojeller veya hidrokolloidler gibi farklı fiziksel formlar gösterebilir ve iki kategoriye ayrılabilir. Bunlar geleneksel yara örtüleri ve modern yara örtüleridir.

Yara örtüleri, aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

1. Üretildikleri materyale göre modern yara örtüleri
 - 1.1. Hidrokolloidler
 - 1.2. Aljinat örtüler
 - 1.3. Hidrojeller
2. Fiziksel şekillerine göre modern yara örtüleri
 - 2.1. Köpükler
 - 2.2. Şeffaf filmler

¹⁶⁷ M.AHAMED – M.S. ALSALHİ - M.K.J. SİDDİQUİ. **Silver Nanoparticle Applications and Human Health**, 1841.

¹⁶⁸ M.RAİ-A.YADAV- A.GADE, **Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials**, 76.

3. Etken madde içeriğine göre modern yara örtüleri
 - 3.1. Antibakteriyel Etken Madde İçerenler
 - 3.2. Büyüme Faktörü İçerenler
 - 3.3. Vitamin ve Mineral İçerenler
4. En güncel modern yara örtüleri
 - 4.1. Biyoaktif Yara Örtüleri
 - 4.2. Doku Mühendisliği Ürünleri
 - 4.3. Greft ve Greft Eşdeğerleri ¹⁶⁹

Geleneksel yara örtüleri, az eksüdasyonlu (yara sıvısı) temiz ve kuru yaralarda birincil sargı olarak veya ikincil sargı olarak kullanılmaktadır. Geleneksel yara örtüleri gazlı bezler, bandajlar ve plasterlerdir. Bu ürünlerin çoğu düzenli olarak değiştirilmelidir ve çıkarılmaları sırasında zorluklara neden olacak şekilde yaraya yapışırlar. Bu nedenlerle modern pansumanlar daha çok tercih edilmekte, çünkü nemli bir ortam sağlayarak yaranın kabuk bağlamasını hızlandırmaktadırlar. Birçoğu sentetik polimerlere dayanan çok çeşitli modern yara örtüleri bulunmaktadır.¹⁷⁰

Hidrokolloid örtüler: Medikal tekstilde çeşitli kullanım alanları olan hidrokolloid yara örtüleri, hidrofil polimer taneciklerinden oluşmaktadırlar.¹⁷¹ Bu örtüler, yara ile temas halinde bulunduğu yapılarında homojen şekilde yayılmış olarak yer alan hidroaktif parçacıklar vasıtasıyla hidrokolloid tanecikler yara sıvısını emer ve zaman içerisinde şişerek jel yapısına dönüşmeye başlar.¹⁷² Hidrokolloid yara örtüleri hem ıslak hem de kuru dokulara yapışma eğilimi gösterirler.

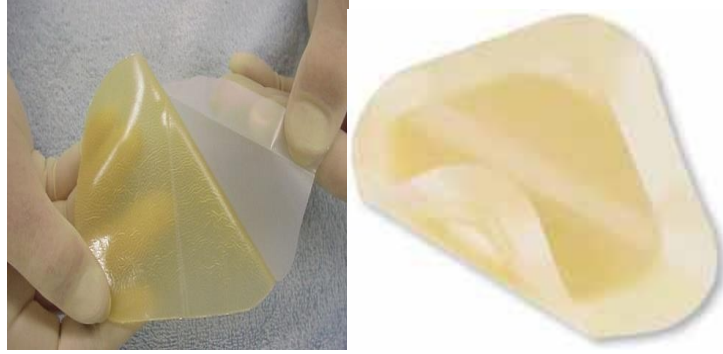
¹⁶⁹ A. H.KURTOĞLU- A. KARATAŞ, *Yara Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar: Modern Yara Örtüleri*, 215

¹⁷⁰ E.B. SOUTO – A.F. RIBEIRO – M.I. FERREIRA – M.C. TEIXEIRA – A.A. M. SHIMOJO- J.L. SORIANO – B.C. NAVEROS – A.DURAZZO – M.LUCARINI – S.B. SOUTO –A.SANTINI, *New Nanotechnologies for the Treatment and Repair of Skin Burns Infections*, 393.

¹⁷¹ A.KOYUTÜRK - D. DEMİRAY SOYASLAN, *Yara ve Yanık Tedavisinde Kullanılan Örtüleri*, 64

¹⁷² Bengisu MİRASOĞLU, *Yara Bakım Ürünleri*, 457

Hidrokolloid ile , nem iletme işlemleri yavaş işlediği için yara, iyileşmeye olanak sunan nem iletici bir tabaka ile kaplanır. Bunun yanı sıra hidrokoloidler, epitelizasyon hızını arttırdığı gibi kollajen üretimini de arttırmakta yardımcı olmaktadır. Söz konusu örtüler, yaraya direkt olarak yapıştığı için ikinci bir örtü kullanımını gerektirmediği için kullanım şekli açısından oldukça kolaydır.¹⁷³

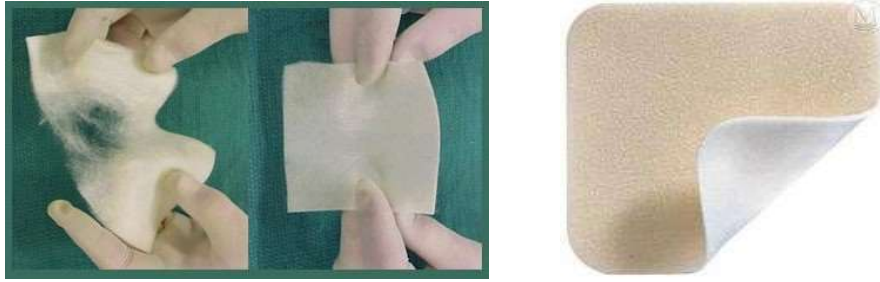


Şekil 4.7 : Hidrokolloid Örtü

Alginat örtüler: Kahverengi yosunların bir maddesi olan kalsiyum alginattan imal edilir, kanayan, orta ve yoğun eksüdalı yaralarda kullanılmaktadır. Aljinik asidin potasyum ve sodyum tuzları kullanılarak üretilen alginat örtüler, iyon değişim özelliği göstermektedirler. Örtü yara ile temasa geçtiğinde alginat liflerinde yer alan iyonlarla vücut sıvısında bulunan iyonlar yer değiştirir ve yaranın yüzeyinde jel oluşumunu sağlarlar.¹⁷⁴ Yapışkan olmayan bu örtülerin kullanım kolaylığı oldukça yüksektir.

¹⁷³ Bkz (169), KURTOĞLU, KARATAŞ, 215-216.

¹⁷⁴ P. ALTAY - G. BAŞAL, **Yara Örtüleri**,117.



Şekil 4.8: Absorbanlar. Alginat Örtüler ¹⁷⁵

Hidrojel örtüler: Yaprak (ince film) ya da jel formda kullanılır. Genel olarak polimerler ile çapraz bir bağ oluşturmuş jelatin, polivinil alkol, polietilen oksit ve polisakkarit gibi malzemelerden oluşturulur, yüksek düzeyde nem dengesini sağlar ve otolitik debridmana yardımcı olmaktadır. ¹⁷⁶ Hidrojel örtülleri yüksek emiş gücüne sahiptir.



Şekil 4.9 Hidrojel

Yarı-yapışkan film örtüler: Bu örtüler polietilen destekleyici naylon menşeli yapılar olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Fakat, su tutma özelliklerinin düşük düzeyde olması durumu, deri üzerinde maserasyon oluşumuna neden olduğu için

¹⁷⁵https://www.klimik.org.tr/wp-content/uploads/2019/10/Fatih-Yanar_C%CC%A7ANAKKALE-FY.pdf

¹⁷⁶ Bkz. (165). MUTLU, 23.

düzenli olarak değiştirilmesi gerekliliği, bu örtülerin tercih edilmesini azaltmaktadır.¹⁷⁷

Köpükler: Köpük örtüler yüksek düzeyde absorpsiyon kapasitesine ve esnek bir yapıya sahip olan gözenekli malzemelerdir. Silikon ya da poliüretan bazlı olabilen köpük örtüler genel olarak, yaranın bulunduğu bölgede nemli bir ortam oluşturarak sıcaklık izolasyonunun gerçekleşmesine olanak sunar.¹⁷⁸ Genel olarak iltihaplı ya da eksudalı yaraların tedavisinde kullanılmaktadır.

Medikal örtüler: Antimikrobiyal ajanlar, etkin maddeler ya da bunların salınımı gerçekleştiren sistemleri içeren yara örtüleridir. Genel olarak antimikrobiyal ajan, antibiyotik, mineral veya vitamin destekli ve büyüme faktörleri dikkate alınarak üretilmektedir.¹⁷⁹

Polimerik ilaç taşıyıcı örtüler: Yaranın bulunduğu bölgeye kontrollü şekilde ilaç salımı gerçekleştirebilen ve ilaç taşıyan polimerik yara örtüleridir. Polimerik materyallere etken madde takviye edilerek üretilir. Son dönemlerde nanoteknolojik üretim teknikleriyle doku mühendisliği kapsamında giren uygulamalarda kullanılmak adına üretilen ilaç yüklü nanofiber materyaller de bu kategoride değerlendirilip, yara-yanık örtü materyali olarak kullanılmaktadır.¹⁸⁰ Yeni nesil yara-yanık örtüsü şeklinde kullanılan polimer dayanağı olan bazı nanofiberler bugün spesifik yüzey alanları, küçük gözenek ebatları, yüksek gözenekli yapıları, hafif materyaller olmaları gibi nedenlere sahip oldukları için yara iyileşmesi ve tedavisinde oldukça önemli bir konuma sahiptir.

¹⁷⁷ A. KARAÇULHA, **Yeni Nesil Biyomalzemeler: Yara Örtüleri**, 2.

¹⁷⁸Bkz. (171). KOYUTÜRK ,62.

¹⁷⁹ Bkz. (177).KARAÇULHA, 3.

¹⁸⁰ Bkz. (165).MUTLU, 23-24.

Son zamanda yapılan araştırmalarda, nanolif yapısındaki yara örtüsü üretiminde elektroçekim (electrospinning) yöntemi kullanılmasıdır. Nanolifler sahip oldukları yüksek yüzey alanları sayesinde kanamayı durdurucu nitelikleri ile, nano boyutlarda ince lifler oldukları için doğal hücre dışı matris yapısını taklit ederek hücrelerin gelişip çoğalabilmesi için gerekli olan ortamı oluşturmaktadır. Nanolif materyallerin gözeneklerinin oldukça yüksek olması durumu, materyale, enfeksiyon ve bakteri oluşumuna sebep olabilecek maddelerin geçişini durduran ve nefes alabilen bir yapıya bürünmesini sağlamaktadır. Bu noktada kullanılan polimerik materyalle yara örtüsüne biyoçözünürlük ve biyouyumluluk özelliği sağlamanın yanında materyalin fiziksel nitelikleri de kontrol edilebilir bir yapıya sahiptir.¹⁸¹ Nanoliflerin kontrol edilebilirliği, gerek yaraların iyileşmesi üzerinde gerekse ortaya çıkabilecek kompliasyonların önüne geçilmesi açısından oldukça önemlidir.

4.2.3. Dokusuz (Nonwoven) Medikal Tekstiller

Medikal tekstil pazarı günümüzde tamamen nonwoven ürünler üzerine kurulmuştur denilebilmektedir. Nonwovens, kolay değiştirilebilir özellikleri ve mükemmel performansı nedeniyle bu alanda vazgeçilmez hale gelmiştir. Dokusuz yüzeyler, ürüne özel özellikler kazandırmak için geliştirilmiştir. Bugün rekabetçi olabilmek için nonwoven üreticileri düşük maliyetle yüksek verimlilik göstermek durumunda kalmışlardır ve pazar daha yüksek kalite gerektirmektedir. Tıbbi ve sıhhi alanda, uygun elyaf kullanılması, gerekli özelliklerin elde edilmesi için önemli bir koşuldur. ¹⁸² Medikal tekstiller yapışkan bantlar, bandajlar, yatak takımları, battaniyeler, döküm alçı çorapları (Stokinet), çocuk bezleri, pansumanlar, göz pedleri, gazlı bezler, koruyucu kıyafetler, dikişler, cerrahi örtüler, cerrahi giysiler,

¹⁸¹ Bkz.(171). KOYUTÜRK , 61.

¹⁸² D. JAİN, **Applications of Nonwovens in Medical Textile**, 2.

bezler, destekler, sıhhi ürünler, hastane önlükleri olmak üzere çok çeşitli uygulamaları içermektedir.

Medikal alanda kullanılan materyalleri üreten Felix Tekstil Firmasının da nanotekstil üretimlerini gerçekleştirdiği görülmektedir. Firmanın üretim yaptığı ürünlerden biri de cerrahi insizyon drep (insizyon filmi)dir ve bu ürün, yapışkanlık özelliği ile hastanın ameliyat edilecek bölgesini kaplayarak bakterilerin ameliyat yaraları üzerinde olumsuz etki etmesine engel olur. Bakterilere karşı bir bariyer görevi gören bu ürün, bakteri transferinin engellenmesini sağlayarak, şeffaf ve hava geçirgen özelliği ile derinin nefes almasına olanak sunmaktadır. Bakteri geçirmeyen bu ürün aynı zamanda hipoalerjik bir yapıya sahiptir.

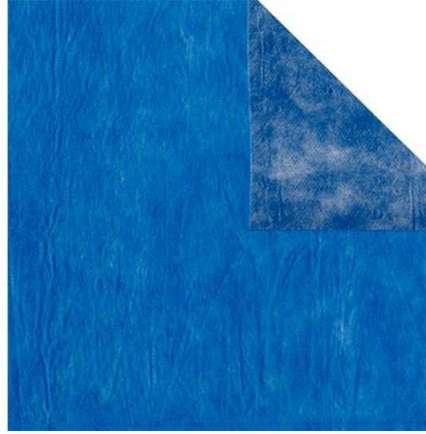


Şekil 4.10 : İnsizyon Filmi¹⁸³

Ayrıca Felix Tekstil Firmasının bir diğer ürünü olan spunsuper triplexdir (ameliyat kumaşı). Firma hidrofilik uygulamayla absorpsiyon düzeyi oldukça yüksek olan spunbond nonwoven tela ile microemboss gravurlenmiş bariyer filmin sıcak tutkalla lamine edilmiş tek kullanımlık olan ameliyathane örtü-kompree/drape üretimi gerçekleştirmektedir ve 3 katmana sahip olan örtülerin sıvı emicilik düzeyi ve hızı oldukça yüksektir.¹⁸⁴

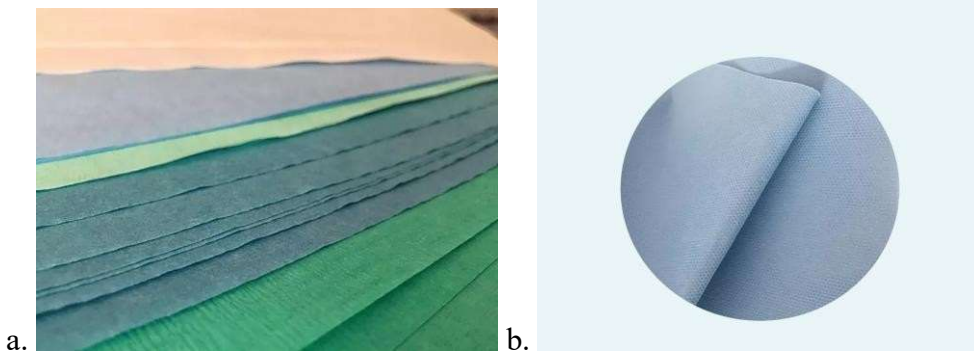
¹⁸³ <https://www.felixnonwovens.com/urunler/cerrahi-insizyon-drep---insizyon-filmi-54>

¹⁸⁴ Felix Nonwovens, Films and Laminates, Cerrahi İnsizyon Drep/İnsizyon Filmi, s. 1.



Şekil 4.11. : Spunsuper Triplexdir (ameliyathane kumaşı)¹⁸⁵

Medikal tekstil üretimi yapan Sümer Medikal Tekstil Firması tarafından üretilen crep ve wrap kağıtları da bu konu kapsamında değerlendirilebilir. Bu ürünler, bakteriyel bariyer oluştururlar ve geçirgen bir yapıya sahiplerdir. Katkısız saf selülozdan üretilen ürün, su geçirmeyen özel medikal kağıtlar olarak dizayn edilmiştir ve saf kağıt hamuru kullanılarak üretilmiştir. Firmanın bir diğer ürünü ise kemoterapik ilaçların hazırlanması esnasında ilacın çevreye dağılması halinde örtünün üst tabakasının ilacı absorbe edebilme, alt katmanının ise ilacın alt zmine geçmesini engelleme özelliği bulunan ilaç hazırlama örtüsüdür ve tam koruma sağlamak adına üç katman halinde hazırlanmıştır.¹⁸⁶



Şekil 4.12. a). Crep Ve Wrap kağıtları b) Kemoterapik ilaçların hazırlanması

¹⁸⁵ <https://www.felixnonwovens.com/urunler/spunsuper-triplex-37>

¹⁸⁶ Sümer Medikal Tekstil, **Crep & Wrap - İlaç Hazırlama Örtüsü**, 1.

4.3. Nanotekstillerin Riskleri Ve Olası Çözüm Yolları

Tekstil alanında da pek çok kullanımı olan nanoteknolojiye ilişkin birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Nanomateryallerin oldukça küçük ebatları (10^{-9} m) onlara faydalı kimyasal, biyolojik ve fiziksel nitelikler sağlayabilmektedir. Ancak, hareketlilik, artan toksisite, fotoaktivite ve yüksek reaktivite olmak üzere bazı olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına da neden olabilmektedir. Aşağıda verilen tablo., tekstillerin işlevselleştirilmesi işleminde yaygın bir şekilde kullanılan nanomateryalleri göstermektedir.¹⁸⁷

Tablo 4.4 Yaygın Kullanılan Nanomalzemeler ve Fonksiyonları

Nanomalzeme	Fonksiyonu
Gümüş (Ag)	Elektriksel iletken ve antibakteriyel (koku)
Titanyum dioksit (TiO ₂)	UV koruması, kendi kendini temizleyen, su ve kir itici
Çinko oksit (ZnO)	UV koruması, antibakteriyel, kendini temizleme, aşınma direnci, sertlik
Silikon dioksit (SiO ₂)	Su ve kir tutmaz, sürtünmeye dayanıklı, takviye, artırılmış boyanabilirlik
Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	Aşınma direnci ve alev geciktirici
Aktif maddelerden nano tabakalar (örn. Montmorillonite)	Aşınma direnci alev geciktirici

Nanomalzemeler, tekstil alanında elyaf üretimi ya da tekstil kaplama işlemi olmak üzere iki süreçte birleştirilebilmektedir. Elyaf üretimi esnasında

¹⁸⁷ L. ALMEIDA- D. RAMOS, **Health and Safety Concerns of Textiles with Nanomaterials**, 2.

Nanopartiküller fiber hacminin içerisinde eşit bir şekilde yayılmaktadır. Bu işlem nanokompozit materyal üretimini ifade etmektedir. Elyafta bulunan nanopartiküllerin içeriği, yeterli düzeyde fonksiyonelliği temin edebilmek için yüzde 0.1 oranına kadar azaltılabilmektedir.¹⁸⁸ Bu işlem ile ekleme gerçekleştirildiğinde, nanopartiküller, tekstil lifine oldukça sıkı bir şekilde birleştirilerek etkisinin dayanıklı bir hale gelmesi sağlanır.

Bununla birlikte lif içerisinde bulunan nanopartiküller, normal yollarla yalnızca aşınma işlemi ile serbest bırakılabilmektedir. Söz konusu işlem, gerek sonraki tekstil işçiliğinde gerekse tüketiciler için sağlık ve güvenlik bakımından oldukça düşük bir risk ihtimali taşımaktadır. Nanopartiküllerin birleştirilmesi işlemi genellikle kumaş kaplama esnasında gerçekleştirilmektedir. Tükenme süreci (daldırma), baskı, kaplama ya da dolgu gibi geleneksel nitelikteki işlemler ile temin edilebilmektedir. Nanopartiküllerin tekstil yüzeyine iyi bir şekilde yapışmasına normal olarak imkan sunmak için organik polimerler kullanılmaktadır.¹⁸⁹

Bu noktada nanopartiküllerin ve tekstilin de kendisinde yer alan kimyasalların manipülatif yapısına bağlı bir şekilde kumaş kaplama işlemini gerçekleştiren işçilerin sağlığı ve güvenliği gündeme gelmektedir. Bunun yanı sıra bütün dikiş, paketlenme, kesme ve presleme¹⁹⁰ işlemlerinde görev alan işçiler için de endişe kaynağı arz etmektedir.

¹⁸⁸ Handan KILIÇ, **Nanopartikül Takviyeli Geri Dönüşüm Pet (Rpet) Polimeri Esaslı Cips Ve Lif Formuna Sahip Nanokompozit Üretimi Ve Karakterizasyonu**, 19.

¹⁸⁹ M.UYANER – A. YAR, **Nano Elyaf Takviyeli Nanokompozit Üretimi ve Karakterizasyonu**, 11.

¹⁹⁰ İş Güvenliği Net, **Tekstil İşkolunda İş Sağlığı Güvenliği**.

Tekstil alanında mekanik etki, aşınma, ter, ısı, deterjan, sıcaklık veya su değişimleri halinde yüzde 5 ila yüzde 20'ye varan bir düzeyde ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Nanoliflerin lifere bağlı kalması durumunda dahi bunlar tekstil malzemesinden suya, toprağa, insan vücuduna veya havaya liflerle beraber salınabilmektedir. Örnek olarak; nanogümüş içermekte olan tekstillerin yıkanması esnasında gümüş nanoparçacıklarının salındıklarına ilişkin pek çok araştırma bulunmaktadır.¹⁹¹ Söz konusu kimyasal birleşimlerden ortaya çıkan nanotekstil ürünlere ilişkin gerek üretimi gerçekleştirenlere, gerek uzun süre boyunca giyenlere, gerekse çevreye zarar verdiğine yönelik birçok araştırma bulunmaktadır.

Toplum ve tüketicilerin gözünde nanoteknoloji riskleri ve çözüm yolları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

¹⁹¹ Cleandex, Нанотехнологии в текстиле

Tablo 4.5. Nanoteknoloji Tehlikeleri Ve Çözüm Yolları

Tehlike	Nedenler	Çözüm yolları
Nanoteknoloji cihazların kullanımı	Kullanım korkusu	Açıklayıcı çalışmalar yapmak ve bilgilere şeffaflık getirmek
Nanotoksosite	Nanoteknolojinin toksik olması ve bu konuda yeterince araştırma ve bilgi olmaması	Ek deneysel çalışmalar yürütmek, nanotoksosite mekanizmaları hakkında teorik fikirler oluşturmak
Nanoparçacıkların DNA ve genomik süreçler üzerindeki etkisi	Bu konuda yeterince araştırma ve bilgi olmaması	Ek deneysel çalışmalar yürütmek, süreçler hakkında teorik fikirler oluşturmak
Nanoparçacıkların hücrelerimize entegre olması	Biyo membranlar üzerinden Nanoparçacıkların hücrelere entegre olması	Ek deneysel çalışmalar yürütmek, konu hakkında teorik fikirler oluşturmak
Yeni ve alışılmış olmaması	Korku	Açıklayıcı araştırma yapıp bilgilendirme
Belli olmayan amaç için para kaybı	Zarar ve yarar konusunda yeterli çalışmaların olmaması	Zarar ve yarar konusunda çalışmaların yürütülmesi ve duyurulması
Risk	Nanoteknoloji riski ve analizi konusunda tüketiciye hitap eden bilgilerin şeffaf olmaması ve duyurulmaması	Nanoteknoloji riski ve analizi konusunda araştırmaların yürütülmesi
Güvensizlik	Mevzuatın ve normların olmaması	Nanoteknolojinin üretimi ve dolaşımını düzenleyen mevzuatın ve normların geliştirilmesi

Kimyasal bileşenin toksisitesi yalnızca kimyasal yapısına değil, aynı zamanda parçacık boyutuna da bağlı bir nitelik sergilemektedir. Parçacık boyutunun küçülme düzeyi ne kadar artarsa, söz konusu parçacıkların insan vücudundaki difüzyon bariyerlerini geçme olasılığı da o kadar yüksektir. Bundan dolayı, nanopartiküller ve nanomateriyallerin tümünün çevre ve insan için aynı kimyasalların normal ebatına göre daha büyük bir risk oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Antibakteriyel tekstil ürünleri, kumaşlarda ortaya çıkabilecek zararlı bakterilerin çoğalmasını durdurma ve mevcut bakterileri yok etme niteliği bulundurdan ürünlerdir. Bilhassa medikal kullanımı olan tekstil ürünlerinin antibakteriyel niteliğini kanıtlamak için belirli bakterilerle yapılan testleri geçmeleri gerekli görülmektedir. Bu tür antibakteriyel tekstil ürünler bakteriyosidal ya da bakteriyostatik etkiye sahiptir ve hastane ortamında enfeksiyonların yayılım göstermesinin önüne geçmek ya da yayılma oranını düşürmek için kullanılmaktadır. Medikal alanda kullanılan yorgan, yastık, yataklar, ameliyat odalarındaki gazlı bez, karantina perdeleri, maskeler, örtüler ve bandajların bu niteliklere sahip olmaları gerekmektedir.

Risklere yönelik olası çözüm yolları arasında kalite kontrol uygulamaları ve analizler yer almaktadır. Antimikrobiyal analizler çerçevesinde Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumunun ürün güvenlik değerlendirmesine ilişkin dosyaları hazırlama sürecinde, farklı analiz ve testlerin gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Söz konusu analizler, fiziksel/kimyasal analizler, stabilite, mikrobiyolojik analizler ve challenge testlerini (koruyucu etkinlik testi) içermektedir.¹⁹²

Fiziksel / Kimyasal Analizler: Koku, : Renk, viskozite, görünüm, yoğunluk, pH gibi özellikler.¹⁹³

¹⁹² Nanokar, Antimikrobiyal Analizler.

¹⁹³ Eurolab Laboratory Services, Tekstil Analizleri,1

Stabilite: Belirli bir kozmetik ürünün uygun koşullarda saklandığı hallerde, baştaki işlevlerini karşıladığı ve güvenilirliğini korumayı sürdürdüğünün tespit edilmesi için gerçekleştirilen analiz tipidir.¹⁹⁴

Mikrobiyolojik Analizler: Bu analiz türü, hammaddelerin, ürünlerin, üretim, ambalajların, personel, ekipmanların ve dolum alanlarının denetimlerini kapsamaktadır. Ürünlerin patojen mikroorganizma (uygun koşullarda hastalığa yol açabilen mikroorganizma) bulundurmaması adına bütün mikrobiyolojik denetimlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bütün kontaminasyon riskleri denetlenmelidir.¹⁹⁵

Challenge Test (Koruyucu Etkinlik Testi): Kozmetik ürünlerde preparatın üretim tarihinden son tüketim tarihine kadarki süre zarfında kontaminasyona karşı önlem almak için gereken minimum koruyucu miktarını belirlemek ve mikroorganizmalara karşı etkinliğini ölçmek için gerçekleştirilen testlerdir.¹⁹⁶

Medikal Nanotekstillerin güçlü ve zayıf yanları, tehdit ve fırsatlar (SWOT Analizi) Tablo 4.6' da özetlenmiştir.

¹⁹⁴ Nanokar, Antimikrobiyal Analizler, 1.

¹⁹⁵ Eurolab Laboratory Services, Mikrobiyal Testler, 1.

¹⁹⁶ <http://www.skopbio.com/koruyucu-etkinlik-testi-challenge-test/>

Tablo 4.6. Medikal Nanotekstillerin SWOT Analizi

GÜÇLÜ YÖNLER	ZAYIF YÖNLER
<ul style="list-style-type: none"> • Son 20 yıl içinde medikal tekstil ürünlerinin hızla gelişmesi, • Geniş ürün yelpazesinin olması • Pazarın talep ettiği ürünleri içermesi, • Medikal tekstil ürünlerinin çok fonksiyonlu olması ve çeşitlilik içermesi, • Medikal nanotekstillerin nano ve biyoteknoloji sayesinde yeni tedavi edici, emici vs özellikler ile donatılmış olması, • Yaraların enfekte olmasını önlemesi, iyileşme sürecini hızlandırması, • Tek kullanımlık örtü ve önlüklerin yarar-maliyet kapsamında yüksek oranda yarar sağlaması, • Medikal tekstil ürünlerin cerrahi ameliyatlarda koruma ve rahatlık taşıması, • Antibakteriyel özellikleri kaybolmadan, uzun süre kullanılabilmesi ve steril bir ortam sağlayabilmesi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nanoteknolojinin riskleri konusunda eğitim ve uzman yetiştirme programlarının yetersizliği, • Nanotekstil üretim risklerinin izlenmesi ve en aza indirme mekanizmalarının eksikliği, • Zarar ve yarar konusunda yeterli çalışmaların olmaması, • Tüketicilerinin nanotekstil konusunda tam olarak bilgilendirilmemesi, • Bilimsel temelli, objektif, etik, yasal mekanizmaların gelişmemiş olması, • Üretim ve kullanımı sırasında gerekli tedbirlerin alınmaması, • İnsan sağlığı ve çevre açısından potansiyel risklerin olması, • Geri dönüşümsüz yapısı, • Güvenlik sorunları, • Hasta ve personel açısından güvenlik sorunları, • Ar-Ge eksikliği; Üniversitelerin, araştırma kuruluşlarının ve fabrikaların arasındaki diyalogun zayıflığı.
FIRSATLAR	TEHDİTLER
<ul style="list-style-type: none"> • Nanotekstil riski ve analizi konusunda araştırmaların yürütülmesi, • Risklere yönelik olası çözüm yolları arasında kalite kontrol uygulamaları ve analizlerin yapılması, • Gelişen nanoteknoloji eğitim ve tekstil sektörü işbirliği. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nanotekstilde kullanılan malzemelerin toksik etkiler içermesi ve bu konuda yeterince araştırma ve bilginin olmaması, • İnsan sağlığı/güvenliği ve çevreye yönelik bir tehdit oluşturması, • Sosyal, ekonomik ve etik sorunlar, • Ürünlerin sağladığı avantajları kadar yan etkilerinin ve taşıdığı risklerin de daha ayrıntılı bir şekilde incelenmemesi.

5. TÜRKİYE’DE MEDİKAL SEKTÖRÜNDEKİ NANOTEKSTİL UYGULAMARI

Tez çalışmasının bu bölümünde, Türkiye’deki medikal nanotekstil uygulama ve kullanımlarına ilişkin bir anket çalışması yapılmıştır.

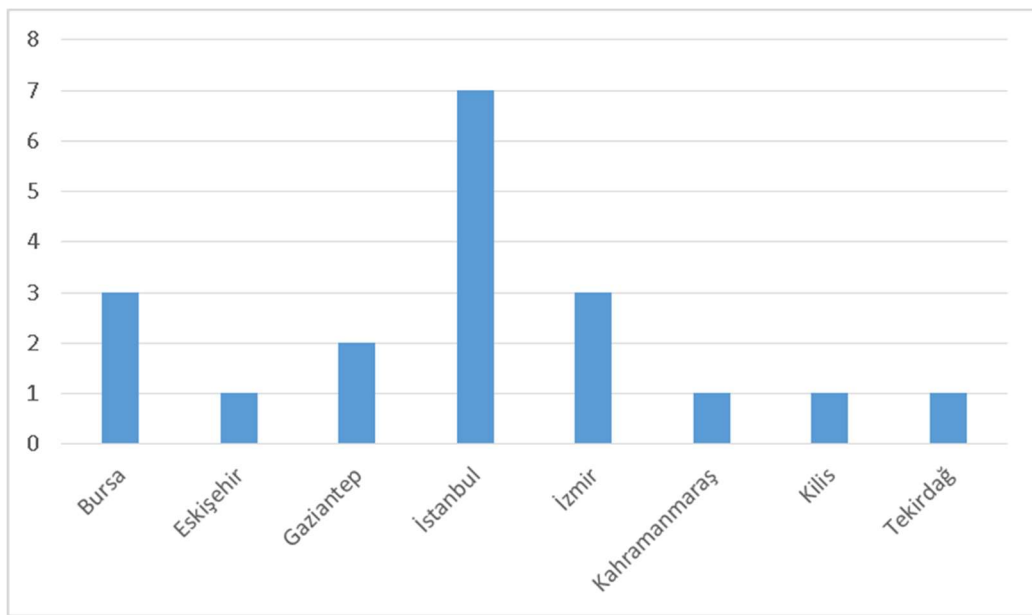
5.1. BULGULAR

Yapılan çalışma kapsamında medikal sektörde kullanılan nanoteknolojik ürünlerin kullanımına yönelik oluşturulan anket sorularına 19 katılımcı firmanın verdiği cevaplar niteliğinde çıkan sonuçlar bu bölümde istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Medikal alandaki kendi ürünlerinde bulunan nanotekstil özelliklerine göre belirlenen firmalarda çalışanların verdiği cevapların amaca uygun şekilde analiz edilmesi amacıyla frekans, ortalama, standart sapma ve çapraz tablodan yararlanılmıştır.

Tablo 5.2.1. Firmaların Bulunduğu İllere Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
İli	Bursa	3	15,8%
	Eskişehir	1	5,3%
	Gaziantep	2	10,5%
	İstanbul	7	36,8%
	İzmir	3	15,8%
	Kahramanmaraş	1	5,3%
	Kilis	1	5,3%
	Tekirdağ	1	5,3%

Araştırma yapmak amacıyla ulaşılan firmaların bulunduğu illere bakıldığında, İstanbul'da 7 (%36,8) firma, İzmir'de 3 (%15,8) firma, Bursa'da 3 (%15,8) firma, 2 (%10,5) firma Gaziantep'te, Eskişehir'de 1 (%5,3) firma, 1 (%5,3) firma Kahramanmaraş'ta, 1 (%5,3) firma Kilis'te ve 1 (%5,3) firma Tekirdağ ilinde faaliyet gösterdiği görülmüştür. Bazı firmaların üretim merkezi bir şehirde olup ama anketlere İstanbul'daki satış ofisinde çalışan pazarlama müdürü tarafından cevap verildiği için soruya İl olarak İstanbul işaretlendi. (Tablo 5.2.1.)



Şekil 5.2.1. Firmaların Bulunduğu İllere Yönelik Frekans Bulguları

Şekil 5.2.1' de görüldüğü gibi nanotekstil üreten medikal firmaların çoğunluğunun faaliyet gösterdiği il İstanbul'dur.

Tablo 5.2.2. Firmaların Faaliyet Sürelerine Yönelik Tamamlayıcı İstatistikler

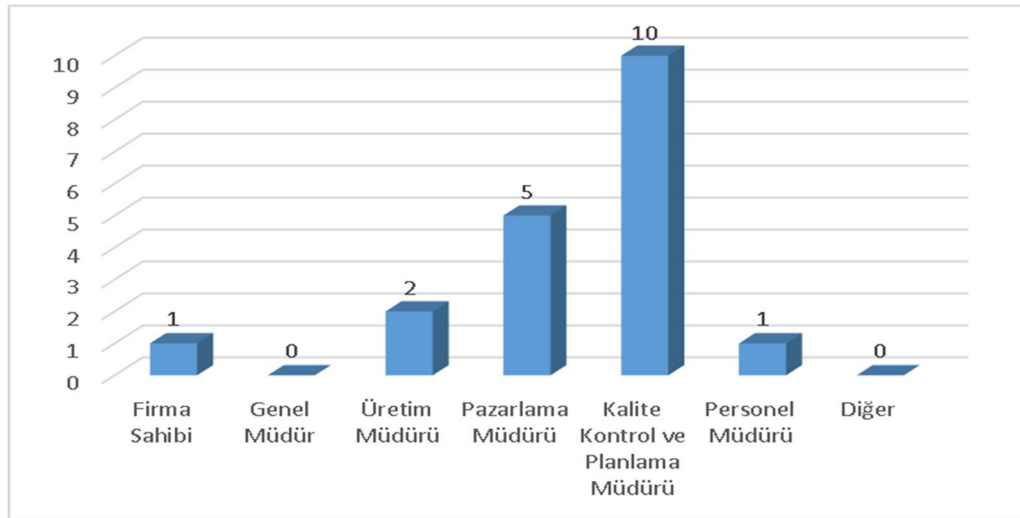
	En az	En çok	Ortalama	Std. Sapma
Süre (yıl)	9	150	29,32	31,85

Araştırmaya katılan firma sayısının 19 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca firmaların faaliyet sürelerine bakıldığında, çalışma süresi minimum 9 yıl, maksimum 150 yıldır. Firmaların ortalama çalışma süresi ise $29,32 \pm 31,85$ yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre nanotekstil ürünleri üreten medikal firmaların ortalama 30 yıldan fazla çalıştığı belirlenmiştir (Tablo 5.2.2). Bazı firmalar faaliyetlerin farklı sektörlerde başlayarak daha sonra faaliyetlerine tekstil sektörünü de katarak başarılı yatırım ve büyüme göstermiştir. Anketlerde firmaların genel faaliyet sürelerini göstermiştir.

Tablo 5.2.3. Anketi Dolduran Firma Elemanının Görevlerine Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
1. Firma içindeki göreviniz nedir?	Firma Sahibi	1	5,3%
	Genel Müdür	0	0,0%
	Üretim Müdürü	2	10,5%
	Pazarlama Müdürü	5	26,3%
	Kalite Kontrol ve Planlama Müdürü	10	52,6%
	Personel Müdürü	1	5,3%
	Diğer	0	0,0%

Araştırmaya katılan firma çalışanlarının firmadaki görevlerine bakıldığında, 1(5,3%) Firma Sahibi, 2(10,5%) Üretim Müdürü, 5 (26,3%) Pazarlama Müdürü, 10 (52,6%) Kalite Kontrol ve Planlama Müdürü ve 1 (5,3%) Personel Müdürü olarak görev yaptığı görülmüştür (Tablo 5.2.3).



Şekil 5.2.2. Anketi Dolduran Firma Elemanının Görevlerine yönelik Histogram Grafiği

Şekil 5.2.2.'de görüldüğü gibi araştırmaya katılanlar arasından her 2 kişiden birinin firmadaki görevi Kalite Kontrol ve Planlama Müdürlüğüdür.

Tablo 5.2.4. Firmaların Kullandığı Nano Kumaş Ürünlerin Teminine Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
2. İşletmenizin hazır ürünün üretimi için kullandığınız nano kumaş	Kendi üretimimiz	16	84,21%
	Türk fabrikalardan alımı	1	5,26%
	İthal	2	10,53%

Araştırmaya katılan firmalardan edinilen bilgilere göre 16 (%84,21) firmanın kendi üretimi, 1 (%5,26) firmanın yerli fabrikalardan alımı ve 2 (%10,53) firmanın ise ithal nano tekstil ürünü kullandığı görülmüştür (Tablo 5.2.4).

Tablo 5.2.5. Nano Tekstil Ürünlerini İthal Eden İşletmelere Yönelik Frekans Bulguları

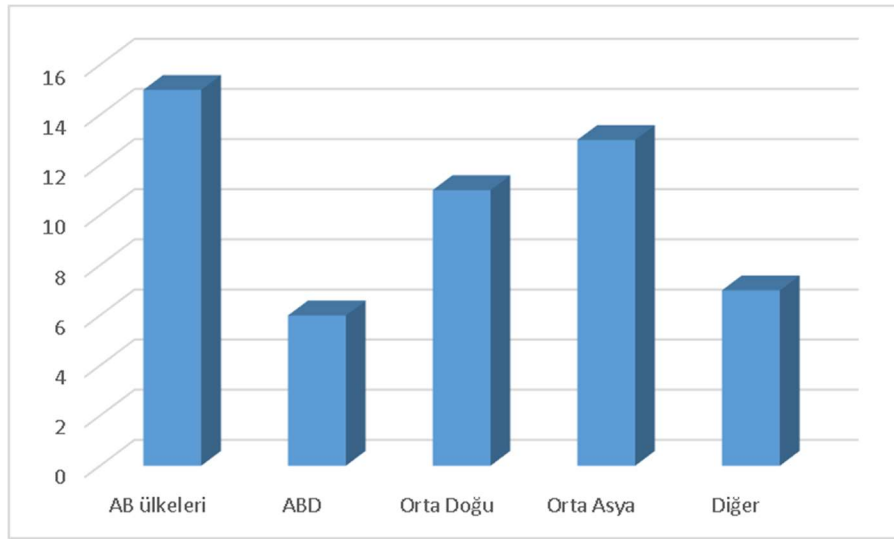
		Sayı	%
3. İthal ise, hangi ülkeden ithal ediyorsunuz?	AB ülkeleri	1	50%
	ABD	1	50%
	Japonya	0	0,0%
	Diğer	0	0,0%

Firmalar arasında 1 (%50,0) firmanın AB ülkelerinden, 1 (%50,0) firmanın ABD'nden nano kumaşı ithal ettiği görülmüştür (Tablo 5.2.5.)

Tablo 5.2.6. Firmaların İhracat Yaptığı Bölgelere Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
4. Firmanızın ihracat yaptığı bölgeler	AB ülkeleri	15	28,8%
	ABD	6	11,5%
	Orta Doğu	11	21,2%
	Orta Asya	13	25,0%
	Diğer	7	13,5%

Bu tabloda firmaların verdiği cevaplar birden fazla olduğundan, verilen cevap toplam örneklem sayısını geçmektedir. Araştırmaya katılanlardan edinilen bilgilere göre, 15 (%28,8) firmanın AB ülkelerine, 6 (%11,5) firmanın ABD, 11 (%21,2) firmanın Orta Doğu, 13 (%25) firmanın Diğer ülkelere (Rusya, AB, Afrika ülkeleri, Avustralya, Azerbaycan, Kore, Hongkong, Uzakdoğu) ihracat yaptığı belirlenmiştir (Tablo5.2.6.).



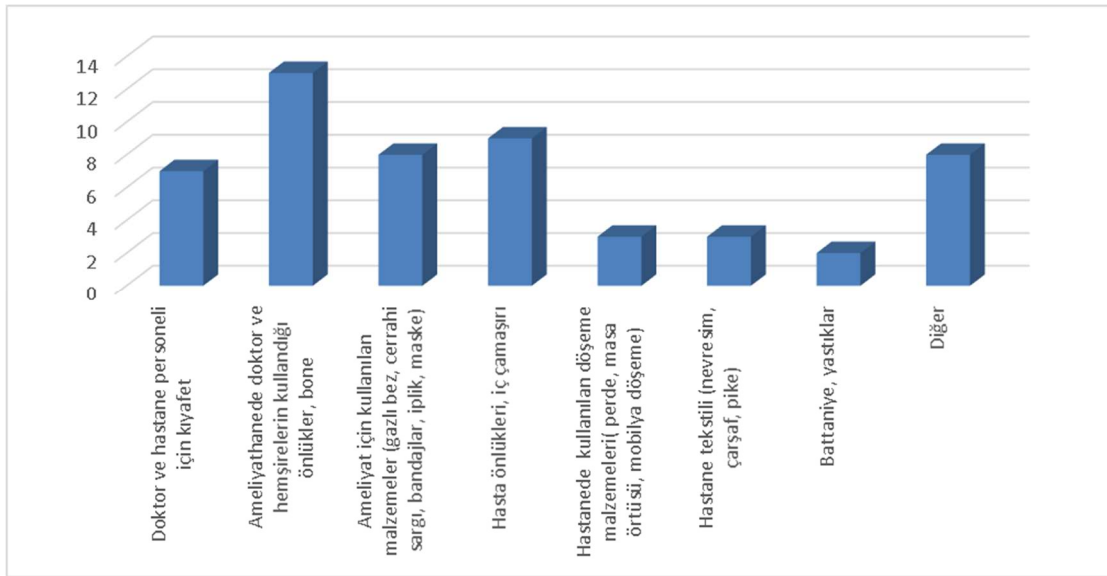
Şekil 5.2.3. Firmaların İhracat Yaptığı Bölgelere Yönelik Histogram Grafiği

Şekil 5.2.3.'te görüldüğü gibi, nano tekstil kullanan firmaların yaklaşık % 79'u AB ülkelerine ihracat yaptığı belirlenmiştir.

Tablo 5.2.7. Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünlerine Yönelik Frekans Bulguları

	Sayı	%	
5. Ürettiğiniz medikal nanotekstili hazır ürününüz nedir?	Doktor ve hastane personeli için kıyafet	7	13,2%
	Ameliyathanede doktor ve hemşirelerin kullandığı önlükler, bone	13	24,5%
	Ameliyat için kullanılan malzemeler (gazlı bez, cerrahi sargı, bandajlar, iplik, maske)	8	15,1%
	Hasta önlükleri, iç çamaşırı	9	17,0%
	Hastanede kullanılan döşeme malzemeleri(perde, masa örtüsü, mobilya döşeme)	3	5,7%
	Hastane tekstili (nevresim, çarşaf, pike)	3	5,7%
	Battaniye, yastıklar	2	3,8%
	Diğer	8	15,1%

Bu tabloda firmaların verdiği cevaplar birden fazla olduğundan, verilen cevap toplam örneklem sayısını geçmektedir. Araştırmaya katılanlardan edinilen bilgilere göre, medikal firmaların ürettiği ürünler içerisinde en fazla Ameliyathanede doktor ve hemşirelerin kullandığı önlükler, bone (n:13 (24,5%)), Hasta önlükleri, iç çamaşırı (n: 9 (17,0%)) çeşitlerinden ürettiğini belirlenmiştir (Tablo 5.2.7).



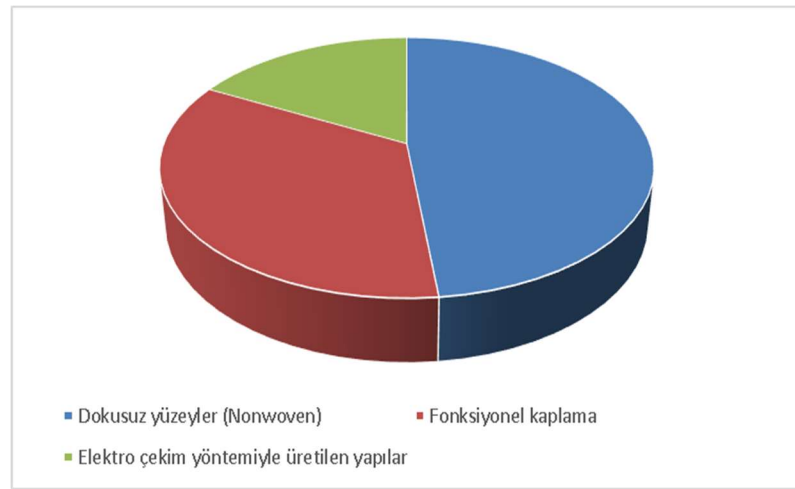
Şekil 5.2.4. Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünlerine Yönelik Histogram Grafiği

Şekil 5.2.4'te görüldüğü gibi, medikal firmaların en az ürettiği ürünün Battaniye, Yastık (n: 2 (%3,8)) ürünü olduğu görülmüştür.

Tablo 5.2.8. Firmaların Kullandığı Ürünlerin Türlerine Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
6. Ürettiğiniz veya kullandığınız Medikal Nanotekstil türü?	Dokusuz yüzeyler (Nonwoven)	14	48,3%
	Fonksiyonel kaplama	10	34,5%
	Elektro çekim yöntemiyle üretilen yapılar	5	17,2%

Bu tabloda firmaların verdiği cevaplar birden fazla olduğundan, verilen cevap toplam örneklem sayısını geçmektedir. Firmaların kullandığı nanotekstil ürün türlerine bakıldığında 14 (%48,3) firmanın dokusuz yüzeyler (Nonwoven), 10 (% 34,5) firmanın fonksiyonel kaplama ve 5 (%17,2) Elektro çekim yöntemiyle üretilen yapılar kullandığı görülmüştür (Tablo 5.2.8.).



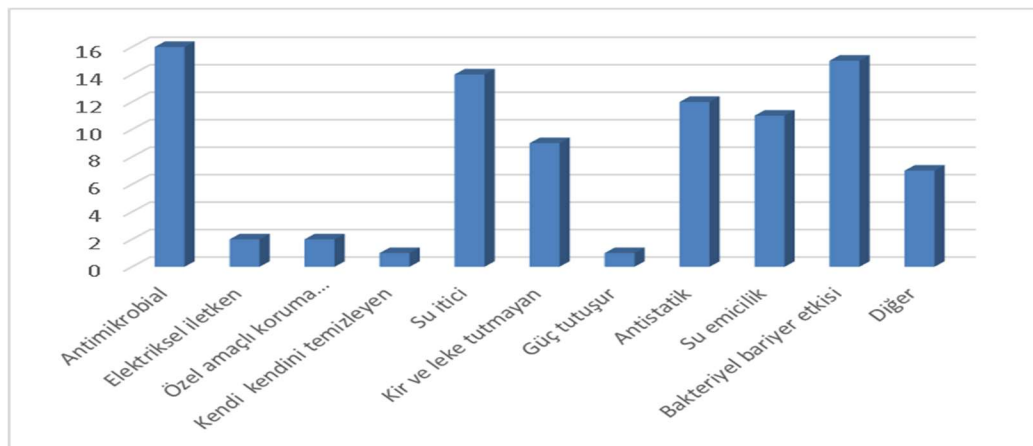
Şekil 5.2.5. Firmaların Kullandığı Ürünlerin Türlerine Yönelik Pasta Grafiği

Şekil 5.2.5' te görüldüğü gibi, medikal firmaların genellikle dokusuz yüzey ürünler ürettiği ve kullanıldığı belirlenmiştir.

Tablo 5.2.9. Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünün Fonksiyonel Özelliğine Yönelik Frekans Bulguları

	Sayı	%	
7. Ürettiğiniz nanotekstil fonksiyonel özelliği nedir?	Antimikrobial	16	17,8%
	Elektriksel iletken	2	2,2%
	Özel amaçlı koruma (Radyoaktivite, v.b)	2	2,2%
	Kendi kendini temizleyen	1	1,1%
	Su itici	14	15,6%
	Kir ve leke tutmayan	9	10,0%
	Güç tutuşur	1	1,1%
	Antistatik	12	13,3%
	Su emicilik	11	12,2%
	Bakteriyel bariyer etkisi	15	16,7%
	Diğer	7	7,8%

Bu tabloda, firmaların verdiği cevaplar birden fazla olduğundan, verilen cevap toplam örneklem sayısını geçmektedir. Firmaların ürettiği nanotekstil ürünlerin fonksiyonel özelliğine bakıldığında genellikle Antimikrobial 16 (17,8%), Su itici 14 (%15,6) ve Bakteriyel bariyer etkisi 15(%16,7) ürün özelliğine sahip olduğugörülmüştür.



Şekil 5.2.6. Firmaların Ürettiği Nanotekstil Ürünün Fonksiyonel Özelliğine Yönelik Histogram Grafiği

Şekil 5.2.6.'da görüldüğü gibi, nanotekstil ürün üreten firmaların ürünlerinin fonksiyonel özelliğine bakıldığında en az kendi kendini temizleyen (1 (%1,1)) ve güç tutuşur (1 (%1,1)) özelliğinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.2.10. Firmaların Ürettiği Ürünün Türüne Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
8. Ürettiğiniz ürünleri türü nedir?	Tek kullanımlık	11	57,9%
	Çok kullanımlık	3	15,8%
	Tek ve Çok kullanımlık	5	26,3%

Firmalardan edinilen bilgilere göre, 11 (%57,9) tek kullanımlık, 3 (%15,8) çok kullanımlık ve 5 (%26,3) firmanın tek ve çok kullanımlık ürün ürettiği belirlenmiştir .



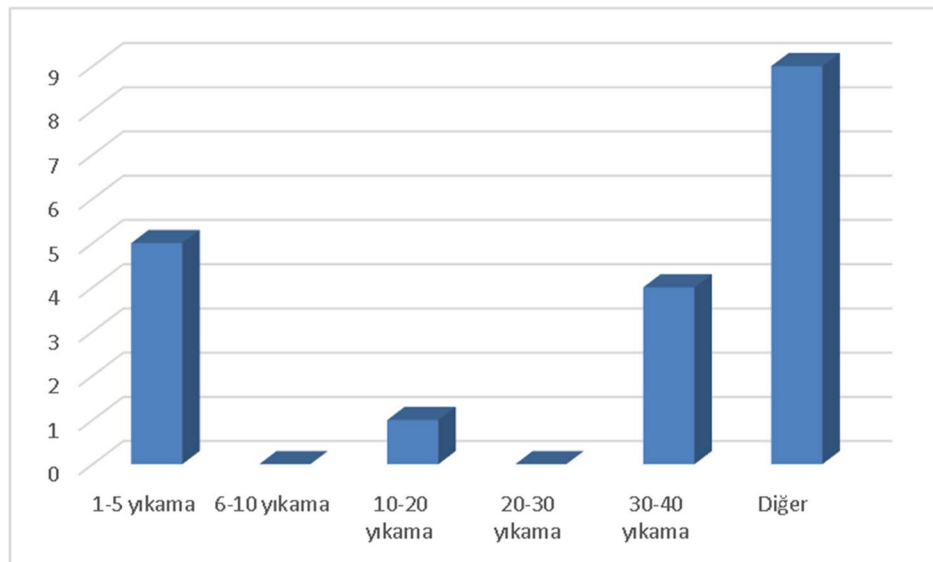
Şekil 5.2.7. Firmaların Ürettiği Ürünün Türüne Yönelik Pasta Grafiği

Şekil 5.2.7.' de görüldüğü gibi, nanotekstil üreten medikal firmaların % 57.9'u tek kullanımlık ürün ürettiği görülmüştür.

Tablo 5.2.11. Firmaların Ürettiği Ürünün Yıkama Hassaslığı-Dayanıklılığına Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
9. Ürettiğiniz nanotekstilin yıkama hassaslığı-dayanıklılığı nasıldır?	1-5 yıkama	5	26,3%
	6-10 yıkama	0	0,0%
	10-20 yıkama	1	5,3%
	20-30 yıkama	0	0,0%
	30-40 yıkama	4	21,1%
	Diğer	9	47,4%

Nanotekstil üreten firmalar arasında, 5 (%26,3) firmayı 1-5 yıkama, 1 (%5,3) firmanın 10-20 yıkama, 4 (%21,1) firmanın 30-40 yıkama ve 9 (%47,4) firmanın ise ürettiği ürünlerin diğer dayanıklılık ve hassasiyete sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5.2.11.).



Şekil 5.2.8. Firmaların Ürettiği Ürünün Yıkama Hassaslığı-Dayanıklılığına Yönelik Histogram Grafiği

Şekil 5.2.8.'de görüldüğü gibi nanotekstil üreten medikal firmalar içerisinde her her 3 firmadan birinin ürettiği ürünün 1-5 yıkama hassasiyet ve dayanıklılığa sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 5.2.12 Firmaların Kalite Yönetim Sisteminin Durumuna Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
10. İşletmenizde kalite yönetim sistemi var mıdır?	Evet	19	100,0%
	Hayır	0	0,0%

Araştırmaya katılan firmaların tamamının kalite yönetim sisteminin olduğu görülmüştür (Tablo 5.2.12).

Tablo 5.2.13 Firmaların Kullandığı İthal Ürünün Sertifikasyon ve Denetlenme Durumuna Yönelik Frekans Bulguları

		Sayı	%
11. Kullandığımız kumaş ithal ise herhangi sertifikasyon ve denetlemeye tabii tutulmuş mudur?	Evet	2	100,0%
	Hayır	0	0,0%

Tablo 5.2.13'te İthal ürün kullanan iki firmanın da sertifikasyon ve denetlemeye tabii olduğu görülmüştür.

Tablo 5.2.14 Firmaların İş Güvenliğine Yönelik Frekans Bulguları

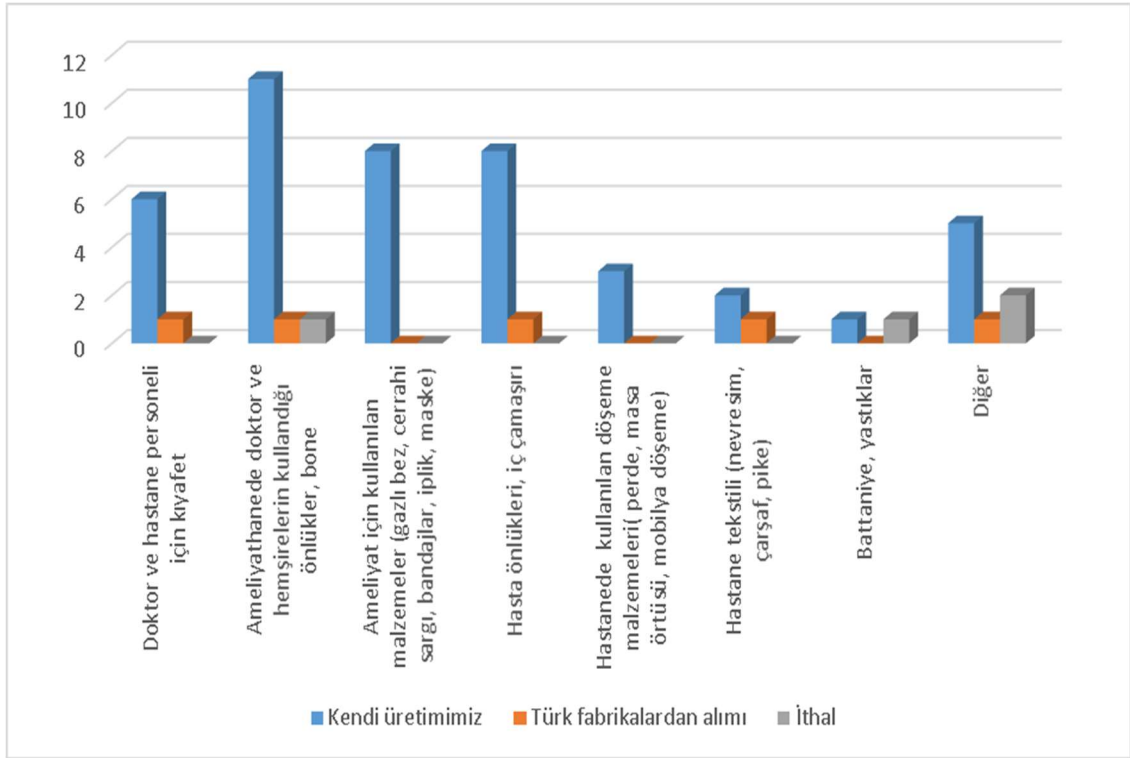
		Sayı	%
12. İşletmenizde iş güvenliği konusunda ne yapılıyor?	İş güvenliği ile ilgili eğitim veriliyor	0	0,0%
	İş güvenliği ile ilgili uyarı levhaları var	0	0,0%
	Her ikisi de var	19	100,0%
	Hiçbiri yapılmıyor	0	0,0%

Araştırmaya katılan firmaların tamamına iş güvenliği ile ilgili eğitim verildiği ve ilgili uyarı levhalarının bulunduğu belirtmiştir (Tablo 5.2.14).

Tablo 5.2.15 Firmaların Ürettiği Hazır Ürün Türü İle Kullandığı Nano Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Çapraz Tablo Bulguları

		2. İşletmenizin hazır ürünün üretimi için kullandığınız nano kumaş					
		Kendi üretimimiz		Türk fabrikalardan alımı		İthal	
		Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
5. Ürettiğiniz medikal nanotekstili hazır ürününüz nedir?	Doktor ve hastane personeli için kıyafet	6	86%	1	14%	0	0%
	Ameliyathanede doktor ve hemşirelerin kullandığı önlükler, bone	11	85%	1	8%	1	8%
	Ameliyat için kullanılan malzemeler (gazlı bez, cerrahi sargı, bandajlar, iplik, maske)	8	100%	0	0%	0	0%
	Hasta önlükleri, iç çamaşırı	8	89%	1	11%	0	0%
	Hastanede kullanılan döşeme malzemeleri(perde, masa örtüsü, mobilya döşeme)	3	100%	0	0%	0	0%
	Hastane tekstili (nevresim, çarşaf, pike)	2	67%	1	33%	0	0%
	Battaniye, yastıklar	1	50%	0	0%	1	50%
	Diğer	5	63%	1	13%	2	25%

Yapılan karşılaştırma sonucunda, ürettiği battaniye ve yastıkların %50 kendi üretimi ve %50 ithaldir. Diğer ürünler çoğunluk olarak kendi ve yerli üretimler olduğu görülmüştür.



Şekil 5.2.9. Firmaların Ürettiği Hazır Ürün Türü İle Kullandığı Nano Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Histogram Grafiği

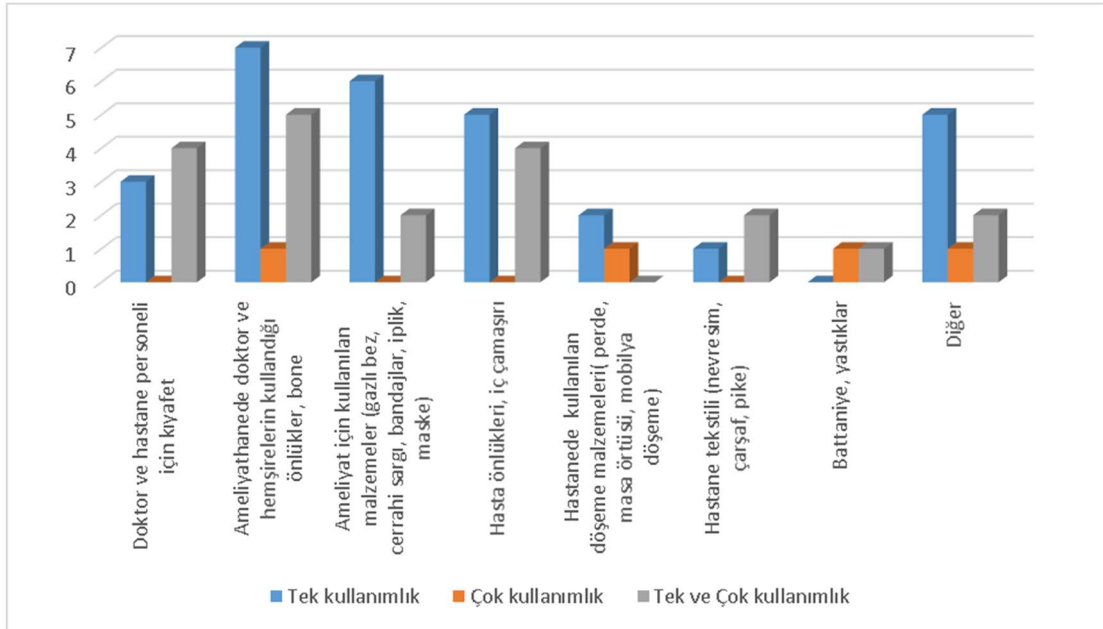
Şekil 5.2.9’da de görüldüğü gibi, medikal firmalar içinde hazır nanotekstil ürün üretenlerin üretimi genellikle kendilerinin yaptığı söylenebilir.

Tablo 5.2.16 Firmaların Ürettiği Hazır Ürünü İle Ürettiği Ürünün Kullanım Türünün Karşılaştırılmasına Yönelik Çapraz Tablo Bulguları

		8. Ürettiğiniz ürünleri türü nedir?					
		Tek kullanımlık		Çok kullanımlık		Tek ve Çok kullanımlık	
		n	%	n	%	n	%
5. Ürettiğiniz medikal nanotekstil hazır ürününüz nedir?	Doktor ve hastane personeli için kıyafet	3	42,9%	0	0,0%	4	57,1%
	Ameliyathanede doktor ve hemşirelerin kullandığı önlükler, bone	7	53,8%	1	7,7%	5	38,5%
	Ameliyat için kullanılan malzemeler (gazlı bez, cerrahi sargı, bandajlar, iplik, maske)	6	75,0%	0	0,0%	2	25,0%
	Hasta önlükleri, iç çamaşırı	5	55,6%	0	0,0%	4	44,4%
	Hastanede kullanılan döşeme malzemeleri(perde, masa örtüsü, mobilya döşeme)	2	66,7%	1	33,3%	0	0,0%
	Hastane tekstili (nevresim, çarşaf, pike)	1	33,3%	0	0,0%	2	66,7%
	Battaniye, yastıklar	0	0,0%	1	50,0%	1	50,0%
	Diğer	5	62,5%	1	12,5%	2	25,0%

Yapılan karşılaştırma sonucunda, ürettiği hazır ürünü doktor ve hastane hemşire olan firmalar içerisinde 3 (%42,9) firmanın tek kullanımlık olduğu ve 4 (%57,1) firmanın ise tek ve çok kullanımlık ürettiği belirlenmiştir. Bu bağlamda diğer durumlar da değerlendirildiğinde ameliyat için kullanılan malzemeler (gazlı bez, cerrahi sargı, bandajlar, iplik, maske), hasta önlükleri, iç çamaşırı, hastanede

kullanılan döşeme malzemeleri(perde, masa örtüsü, mobilya döşeme) reten medikal firmaları genellikle ürünü tek kullanımlık üretmektedir (Tablo 5.2.16).



Şekil 5.2.10. Firmaların rettiği Hazır rn İle ürettiği ürünün Kullanım Türünün Karşılaştırılmasına Yönelik Histogram Grafiği

Şekil 5.2.10’da de görüldüğü gibi, medikal firmalar içerisinde nanotekstil hazır ürün üretenler genellikle üretimi tek kullanımlık yapmaktadır.

Tablo 5.2.17. Firmaların Ürettiği Hazır Ürün ile Ürettiği Ürünün Fonksiyonel Özelliğinin Karşılaştırılmasına Yönelik Çapraz Tablo Bulguları

5. Ürettiğiniz medikal nanotekstil hazır ürününüz nedir?	7. Ürettiğiniz nanotekstilin fonksiyonel özelliği nedir?																							
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%												
Doktor ve hastane personeli için kayafet	6	15,8	2	5,3	1	2,6	0	0,0	6	15,8	3	7,9	1	2,6	1	2,6	5	13,2	5	13,2	7	18,4	2	5,3
Ameliyathanede doktor ve hemşirelerin kullandığı önlükler, bone	12	17,6	2	2,9	1	1,5	0	0,0	11	16,2	7	10,3	1	1,5	1	1,5	9	13,2	7	10,3	13	19,1	5	7,4
Ameliyat için kullanılan malzemeler (gazlı bez, cerrahi sargı, bantajlar, iplik, maske)	7	15,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8	17,8	6	13,3	6	13,3	0	0,0	6	13,3	5	11,1	8	17,8	5	11,1
Hasta önlükleri, iç çamaşırı	8	15,7	2	3,9	1	2,0	0	0,0	8	15,7	4	7,8	4	7,8	1	2,0	7	13,7	7	13,7	9	17,6	4	7,8
Hastanede kullanılan döşeme malzemeleri(perde, masa örtüsü, mobilya döşeme)	3	21,4	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	2	14,3	1	7,1
Hastane tekstili (nevresim, çarşaf, pike)	3	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	13,3	2	13,3	2	13,3	0	0,0	3	20,0	1	6,7	3	20,0	1	6,7
Battaniye, yastıklar	2	15,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	15,4	2	15,4	2	15,4	0	0,0	2	15,4	2	15,4	2	15,4	1	7,7
Diğer	6	17,6	0	0,0	1	2,9	0	0,0	6	17,6	3	8,8	3	8,8	0	0,0	6	17,6	5	14,7	5	14,7	2	5,9

Yapılan karşılaştırma sonucunda, ürettiği hazır ürünü doktor ve hastane personeli için kıyafet olan firmaların ürünlerinin antimikrobia, elektriksel iletken, özel amaçlı koruma (radyoaktivite, v.b), su itici, kir ve leke tutmayan, güç tutuşu, antistatik, su emicilik, bakteriyel bariyer etkisi özelliklerini içerdiği ve kendi kendini temizleme özelliklerini içermediği belirlenmiştir. Kendi kendini temizleme özelliğinde üretilen ürünlerin hastanede kullanılan döşeme malzemeleri(perde, masa örtüsü, mobilya döşeme) üretildiğinde kullanıldığı görülmüştür. Kullandığı hazır ürüne göre fonksiyonel özelliklerden en fazla sırasıyla su emici, su itici, bakteriyel bariyeri etkisi ve antimikrobia özelliklerin olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.2.17.).

6. SONUÇ

Nanoteknoloji, kullanım sürecinde ürünlere yeni fonksiyonel özellikler ilave ederek birçok tekstil materyaline uygulanabilmesi bakımından tekstil işletmelerinin ilgisini çekmektedir. Nanoteknoloji kullanılarak üretilen ürünlerin tüketiciler tarafından kabulü; ürünlerin dayanıklılığı, maliyet, ürüne ekstra özellikler katmak gibi birçok unsurlardan etkilenmektedir. Bu ürünlerin ayırt edici özellikleri sayesinde nanotekstillere önemli kârlılıklar da sağlanabilmektedir.

Türkiye’de tekstil sektöründe nanoteknoloji kullanımının bitim aşamasında yaygınlaştığı gözlemlenmektedir. Üretici işletmeler, nano-bitim işlemleri gören ürünler hazırlayarak bu ürünlere ilişkin farkındalığın ve nanoteknolojiye verilen önemin artmasına katkıda bulunmaktadır. Bu şekilde yüksek katma değere sahip tekstil ürünlerinin ortaya çıkması sayesinde Türk tekstil sektörünün gelişmesi hız kazanabilir.

Çalışmada , 19 anketin işletmeye uygulanması sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanmıştır:

Çalışmada ilk olarak nanotekstil ürün üreten medikal firmaların birçoğunun İstanbul, İzmir, Bursa ve Gaziantep illerinde faaliyet gösterdikleri belirlenmiştir. Diğer illerde yer alan firmalar mevcut olsa da firmaların büyük şehirlerde toplandığı görülmüştür. Üretim merkezleri başka bir şehirde olan bazı firmalar anketlere İstanbul’daki satış ofisinde çalışan pazarlama müdürü tarafından cevap verildiği için; soruya İl olarak İstanbul işaretlenmiştir. Bunun nedenleri hammadde ve tüketiciye yakınlık; dağıtım ve ihracat kanalları ile iç içe olmak şeklinde sıralanabilir. Ayrıca nanotekstil ürünlerinde maliyetleri azaltmak ve rekabet yaratmak amacıyla büyükşehirlerin daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Nanotekstil ürünlerini yaygınlaştırmak için yeni istihdamlar yaratmak için devlet desteği oluşturarak periferilerde de nanotekstili üreten fabrikalar açılmalıdır.

Çalışmanın ikinci bulgusuna göre, medikal firmaların faaliyet sürelerinin ortalama 30 yıl olduğu belirlenmiştir. Bu bulguya göre sektördeki firmaların nanotekstil üretimlerine ilişkin deneyimlerinin çok eskiye dayandığını söyleyebiliriz ancak bazı firmalar faaliyetlerin farklı sektörlerde başlayarak daha sonra tekstil sektörünü de katarak başarılı yatırım ve büyüme göstermiştir. Ankette firmaların genel faaliyet süreleri işaretlenmiş ancak medikal nanotekstil üretimine ne zaman başladığı belirtilmemiştir. Ayrıca firmalardan çalışmaya katılım gösteren kişilerin birçoğunun kalite kontrol (KKPM) ve pazarlama müdürlerinden oluştuğu görülmektedir. Firma sahipleri ve genel müdürlere erişimin zor olması nedeniyle daha çok üretimde ve pazarlamada görev yapan kişilerin görüşleri alınmıştır.

İşletmelerin nanotekstil ürünlerine ilişkin sonuçları incelendiğinde, medikal firmalarının üretim için kullandıkları nanotekstillerin birçoğunun kendi üretimleri olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerin çok azının başka Türk fabrikalardan alım yaptığı görülürken iki firmanın nano tekstilleri (nanotekstil, battaniye ve yastıklar) yurtdışından ithal ettikleri belirlenmiştir. Dolayısıyla Türk firmalarının genellikle isteğe göre özel nitelikli ürünler ürettikleri söylenebilir. Firmaların diğer Türk fabrikalardan alım yapmaması da sektörün kendi içinde henüz nanotekstil ürünlerinde uzmanlaşmadığını ve maliyetler nedeniyle firmaların ürünlerini kendileri üretmeyi tercih ettiği görülmektedir. İhracat konusunda ise medikal firmaların AB ülkeleri, Orta Asya ve Orta Doğu ülkelerine yönelik ürün dağıtımını yaptıkları görülmüştür.

Nanotekstil firmaları yerli üretime teşvik edilmesi ve kendilerinin AR-GE çalışmaları yaparak devamlı gelişmesi gerekmektedir.

Medikal firmaların ürettikleri nanotekstil medikal ürünlerinin genellikle ameliyathanedeki hasta ,doktor ve hemşireler tarafından kullanılan önlük, boneler , yatak–yastık-yorgan kılıflar, hasta bakım ve temizlik ürünler ve nonwoven kumaşları (Diğer seçeneği) olduğu belirlenmiştir. Bu ürünler dışında, personel kıyafetleri, nevresim vb. genel hastane tekstili, battaniye ve yastıklarda standart ürünlerin tercih edildiği görülmektedir. Bu konuda hastanelerin nanotekstil ürünlerine gerek duymadığı, nanotekstil ürün kullanımına yönelik farkındalığın olmaması ve maliyetlerin azaltılması gibi konuların ön plana çıktığı söylenebilir. Üretilen medikal nanotekstil ürünlerinin en fazla dokusuz yüzeylere sahip ürünlerden meydana geldiği, bunu fonksiyonel kaplama yapılan ürünlerin izlediği görülmüştür. Elektroçekim yönetimin ise çok daha az kullanıldığı göze çarpmaktadır. Bu bulgular da medikal alanında nanotekstil ürün kullanımına henüz her alanda ihtiyaç duyulmadığını göstermektedir. Nanotekstil ürünlerin yalnızca daha spesifik özelliklere gereksinim duyulan amaçlar için kullanıldığı söylenebilir.

Firmaların ürettikleri nanotekstillerin fonksiyonel özellikleri incelendiğinde, antimikrobiale nanotekstillerin ön planda olduğu görülmektedir. Özel amaçlı koruma ve kendi kendini temizleme gibi daha güncel uygulamalara ise çok az yer verildiği görülmektedir. Üretilen ürünlerin tek kullanımlık olması da genellikle hastane ameliyathanelerinde kullanılması bakımından beklenen bir sonuçtur. Üretilen medikal nanotekstil ürünler en çok tek kullanımlıktır, ama çok kullanımlı ürünleri antimikrobiale ve bakteriyel bariyer etkisi ve su itici özellikli etkileri ortalama 30 yıkamaya kadar dayanmaktadır. Sadece bir medikal nanotekstil firmanın ürünleri 280 yıkamaya (Diğer seçeneği) kadar dayanmaktadır.

Hastane ortamında bulaşıcı hastalıklara karşı sağlık çalışanların ve hastaların sağlığını korumak amacıyla sadece kıyafetler değil, aynı zamanda tüm hastane tekstillerinin nano özellikli olması sağlanmalıdır.

Son olarak firmaların tümünde kalite yönetim sistemleri ile iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin verilmesi ve nanotekstili AB ve ABD'den ithal eden yerli iki firma tarafından sertifikasyon ve denetleme belgelerinin istenmesi de olumlu bir gelişmedir.

6.1. Öneriler

Nanoteknoloji hızlı bir şekilde birçok alanda yer almaktadır ve yakın bir gelecekte farklı birçok disiplinde kendisine faaliyet alanı bulabilecektir.

- Nanoteknoloji alanında araştırma yapacak yetişmiş eleman eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir. Bu konuda disiplinler arası lisansüstü programları oluşturulmalı, bu alanda eğitim alan öğrenciler desteklenmeli, lisansüstü sonrası araştırmacılar için destek sağlanmalı ve uluslararası öğrenci değişimi programları başlatılmalıdır. Bunun yanısıra, nanoteknoloji eğitim toplantı ve workshopları düzenlenerek konuyla ilgili araştırmacılar bir araya getirilmelidir. Tüm bu faaliyetler için devlet tarafından yeterli miktarda kaynak tahsis edilmelidir.
- Nanoteknolojinin en temel sorunu, bilimin farklı alanlarından araştırmacıların iletişimi konusudur. Her alanda araştırmalar devam etse de yeni fikirlerin ortaya çıkmasına yol açacak ortak bir çalışma düzenlemek oldukça zordur. Bu zorlukları aşmak için tekstil, biyoloji, mühendislik, tarih, kimya gibi nanoteknolojilerin kendi alanları arasında ve içinde karşılıklı bilgi paylaşımı yapılmalıdır.
- Üniversitelerin, araştırma kuruluşlarının, fabrikaların ve kar amacı gütmeyen kuruluşların yeni teknolojilerin ve ürünlerin geliştirilmesinde işbirliği gerçekleştirilmelidir
- Nanoteknoloji eğitimi, endüstriyel alanda faaliyet gösteren şirketlerin çalışanları ve yöneticilerini de kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özellikle nanoteknolojinin getireceği riskler ve bu risklere karşı korunma metodları konusunda bu alanda çalışma yapan kişiler bilinçlendirilmelidir.

- Nanoteknolojinin çevresel, tekstil, sağlık ve güvenlik etkileri ile sosyal boyutu hakkında toplumu bilinçlendirici çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar gelişmiş ülkelerde olduğu gibi halka açık alanlarda veya yazılı ve görsel medya aracılığıyla gerçekleştirilmelidir.
- Dünyada çeşitli araştırma kurumları tarafından yapılan öngörüler ve gelişmiş ülkelerdeki mevcut nanoteknoloji çalışmaları gözönüne alındığında, ülkemiz tarafından yakın ve orta vadede; nanosensör, nanoelektronik, nanoenerji, nanomalzemeler (avantaj ve riskleri ile) ve medikal uygulamalar üzerine yoğunlaşılmalıdır.
- Nanoteknoloji, dünyada AR-GE çalışmaları büyük bir hızla devam eden ancak henüz piyasada çok az ürüne sahip yeni bir teknolojik alandır. Bu nedenle, piyasada genellikle günlük hayata yönelik ürünler bulunmaktadır. Ancak bu ürünlerin sağladığı avantajları kadar yan etkilerinin ve taşıdığı risklerin de daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.
- Pandemi döneminde koruyucu nanotekstil ürünlerine çok ihtiyaç olmaktadır ve tekstil ürünlerinde kalite kontrol ve sertifikasyon işlemleri daha sıkı ve yetkili kuruluşlar tarafından yapılmalıdır. Yüz maskesi ve medikal koruyucu ürün üretiminde kullanılan dokumasız tekstillerinin Türkiye'deki üretiminin artırılması gerekmektedir. Yüz maskelerinde uygun tekstil katmanlar ve filtrasyon özelliğindeki koruyucu ürünlerin kalitesi yükseltilmeli ve standartlara uygun olması için eğitim kuruluşları ve sanayi iş birliklerine çok önem verilmelidir. Hastanelerde nanotekstil ürünlerini sadece ameliyathanelerdeki doktor ve hemşireler tarafından (önlük ve boneler) kullanılması ile sınırlı kalınmamalı; hasta önlükleri, personel uniformaları ve genel hastane tekstilleri ile bakımevleri gibi kamusal mekanlarda kullanılan tekstillerde de (nevresim takımları, çarşaf, yastık, battaniye, yorgan, perde

vs.) kendi kendini temizleyen antibakteriyel aktiviteye sahip nano ürünler tercih edilmelidir.

- Hastanelerde sağlık çalışanları ve hastaları için bulaşıcı hastalıkları karşı koruyucu önlemler alınması önemli bir noktadır. Bu yüzden hastanelerde kullanılan nano özellikli fonksiyonlara sahip olduğu ileri sürülen kumaşların laboratuvar ortamlarında test edilmesi ve tekstil alımlarında bu test sonuçlarının dikkate alınması gerekmektedir.
- Ev tekstili ve hazır giyim ürünleri gibi konvansiyonel ürünlerin yanında tekstil kullanıcıları için kişisel bakım, konfor desteği sağlayan; beden sağlık sistemi ile uyumlu, hayati verilerin değişimini bildirebilen fonksiyonel tekstil ürünlerinin geliştirilmesine önem verilmelidir.

7. EKLER

Ek.1 : ANKET ÇALIŞMASI

Sayın İlgili;

Bu anket formu MSGSÜ Güzel Sanatlar Bilimleri Enstitüsü Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümünde, Prof. Nesrin Türkmen danışmanlığında yapılan“ *Nanotekstiller ve Medikal Alandaki Uygulamaları*” konulu Sanatta Yeterlik (Doktora) tezi için hazırlanmıştır.

Lütfen anketi doldurduktan sonra almagulzhuma@yahoo.com veya almagulzhuma@gmail.com adresine gönderiniz. Bu anketteki bilgiler **kesinlikle gizli kalacak**, sadece istatistiksel değerlendirme amaçlı olarak kullanılacaktır.

MSGSÜ Güzel Sanatlar Enstitüsü
Tekstil ve Moda Tasarımı Sanatta Yeterlik öğren.
Almagul Zhumagaziyeva

Lütfen Firmanızı Tanımlayınız.

İL/İLÇE:.....

FİRMANIZIN FAALİYET SÜRESİ:.....

Firmanız için, seçeneklerden uygun olanını işaretleyiniz.

1. Firma içindeki göreviniz nedir?
 - a. Firma Sahibi
 - b. Genel Müdür
 - c. Üretim Müdürü
 - d. Pazarlama Müdürü
 - e. Kalite Kontrol ve Planlama Müdürü
 - f. Personel Müdürü
 - g. Diğer, (Lütfen belirtiniz).....

2. İşletmenizin hazır ürünün üretimi için kullandığınız nano kumaş
 - a. Kendi üretimimiz
 - b. Türk fabrikalardan alımı
 - c. İthal

3. İthal ise, hangi ülkeden ithal ediyorsunuz?
 - a. AB ülkeleri
 - b. ABD
 - c. Japonya
 - d. Diğer , (Lütfen belirtiniz).....

4. Firmanızın ihracat yaptığı bölgeler
- AB ülkeleri
 - ABD
 - Ortadoğu
 - OrtaAsya
 - Diğer (Lütfen belirtiniz).....
5. Ürettiğiniz medikal nanotekstili hazır ürününüz nedir?
- Doktor ve hastane personeli için kıyafet
 - Doktor ve hastane personeli için kıyafet
 - Ameliyathanede doktor ve hemşirelerin kullandığı önlükler, bone
 - Ameliyat için kullanılan malzemeler (gazlı bez, cerrahi sargı, bandajlar, İplik, maske)
 - Hasta önlükleri, iç çamaşırı
 - Hastanede kullanılan döşeme malzemeleri(perde, masa örtüsü, mobilya döşeme)
 - Hastane tekstili (nevresim, çarşaf, pike)
 - Battaniye, yastıklar
 - Diğer, (Lütfen belirtiniz).....
6. Ürettiğiniz veya kullandığınız Medikal Nanotekstil türü ?
- Dokusuz yüzeyler (Nonwoven)
 - Fonksiyonel kaplama
 - Elektro çekim yöntemiyle üretilen yapılar
 - Diğer, (Lütfen belirtiniz).....
7. Ürettiğiniz nanotekstilin fonksiyonel özelliği nedir?
- Antimikrobial
 - Elektriksel iletken
 - Özel amaçlı koruma (Radyoaktivite, v.b)
 - Kendi kendini temizleyen
 - Su itici
 - Kir ve leke tutmayan
 - Güç tutuşur
 - Antistatik
 - Su emicilik
 - Bakteriyel bariyer etkisi
 - Diğer, (Lütfen belirtiniz).....

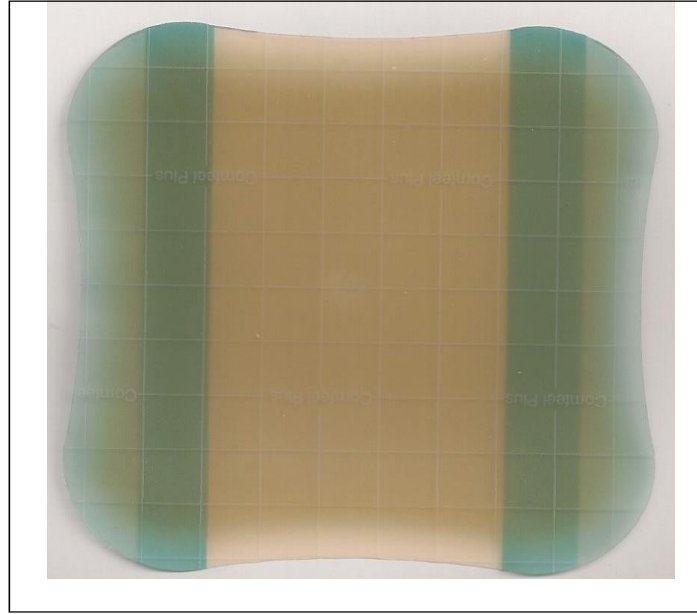
8. Ürettiğiniz ürünleri türü nedir?
- Tek kullanımlık
 - Çok kullanımlık
9. Ürettiğiniz nanotekstilin yıkama haslığı-dayanıklığı nasıldır?
- 1-5 yıkama
 - 6-10 yıkama
 - 10-20 yıkama
 - 20-30 yıkama
 - 30-40 yıkama
 - Diğer, (Lütfen belirtiniz).....
10. İşletmenizde kalite yönetim sistemi var mıdır?
- Evet
 - Hayır
11. Kullandığınız kumaş ithal ise herhangi sertifikasyon ve denetlemeye tabii tutulmuştur?
- Evet
 - Hayır
12. İşletmenizde iş güvenliği konusunda ne yapılıyor?
- İş güvenliği ile ilgili eğitim veriliyor
 - İş güvenliği ile ilgili uyarı levhaları var
 - Her ikisi de var
 - Hiçbiri yapılmıyor

Ek.2: Medikal Nanotekstiller Örnekleri

Yara Bakım Örtüleri

Numune no: 1

Hidrokolloid Yara Örtüsü – Nemli yara iyileşmesi için hidrokolloid pansumanlar



HydroClean advance - Yara yıkama absorpsiyon mekanizmasına sahip yara pedi



NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI

Almagul Zhumagaziyeva, 20096482, Danışman: Prof. Nesrin Türkmen

Medikal Nanotekstiller Örnekleri

Yara Bakım Örtüleri

Numune no: 2

HydroTac - Hidrojel ağı ile kaplanmış hidrofilik köpük pansuman örtüsü



SORBALGON- Kalsiyum aljinatlı yara örtüsü



NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI

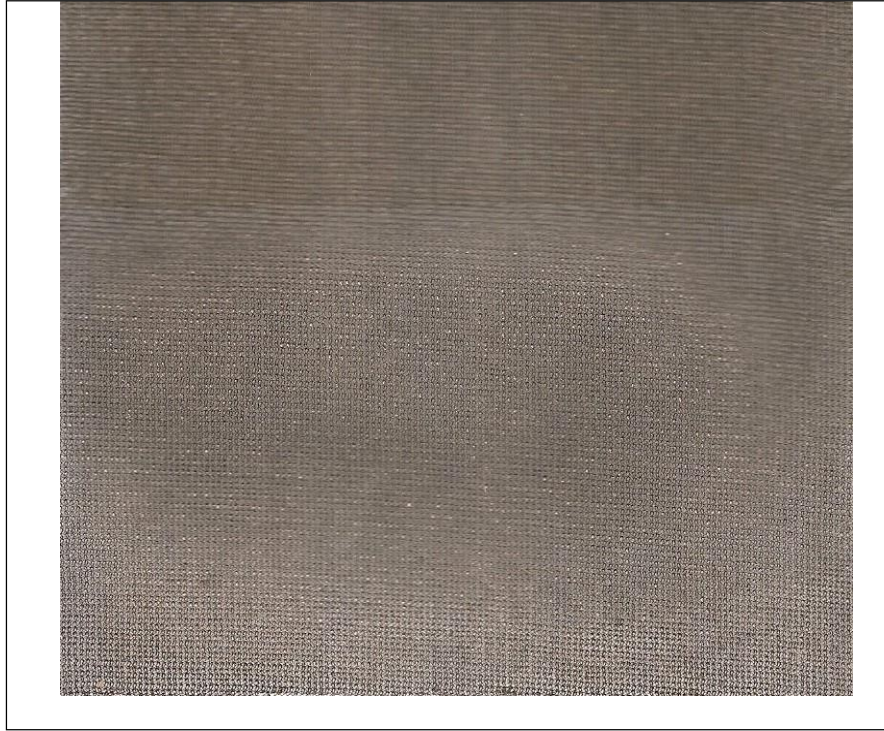
Almagul Zhumagaziyeva, 20096482, Danışman: Prof. Nesrin Türkmen

Medikal Nanotekstiller Örnekleri

Yara Bakım Örtüleri

Numune no: 3

Atrauman Ag – Gümüş içerikli Yara Örtüsü



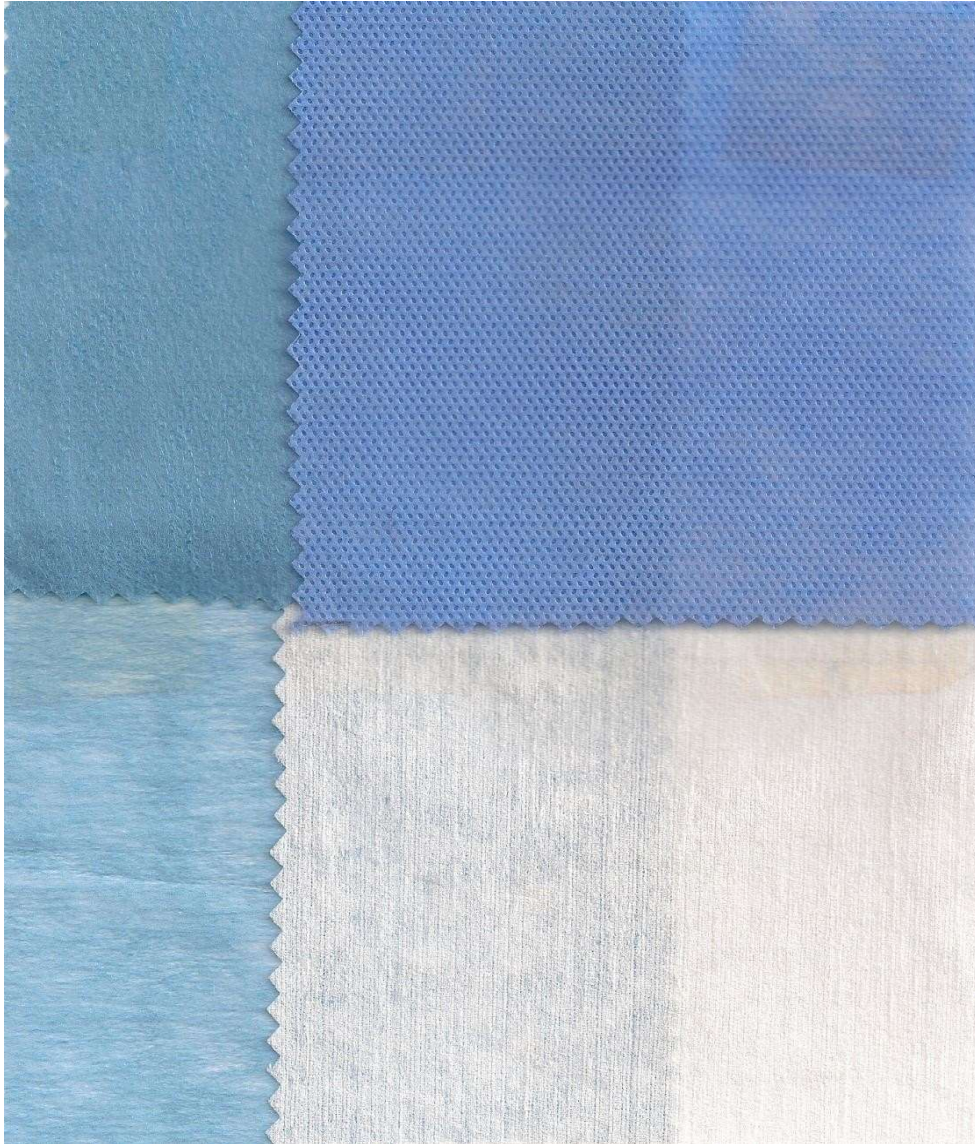
NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI

Almagul Zhumagaziyeva, 20096482, Danışman: Prof. Nesrin Türkmen

Medikal Nanotekstiller Örnekleri

Nonwoven Medikal Nanotekstil

Numune no: 4



NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI

Almagul Zhumagaziyeva, 20096482, Danışman: Prof. Nesrin Türkmen

Medikal Nanotekstiller Örnekleri

NOCLET Plus Gümüş İyonlu Maske

Numune no: 5



NANOTEKSTİLLER VE MEDİKAL ALANDAKİ UYGULAMALARI

Almagul Zhumagazyeva, 20096482, Danışman: Prof. Nesrin Türkmen

8. KAYNAKLAR

Kitaplar

ASİRİ A, M.- MUHAMMED, A. (2018), **Applications of Nanocomposite Materials in Drug Delivery**, Elsevier, United Kingdom.

AYDOĞAN-DUDA, N. (2012), **Making It To The Forefront” Innovation, Technology, And Knowledge Management Series**, Springer, New York.

BİLLİNG, K.- BİLES, P. (2008), **The Lotus Know it and Grow it**, International Waterlily Water Gardening Society, Bradenton, Florida.

BÜYÜKÖZTÜRK, Ş.- KILIÇ ÇAKMAK, E. vd. (2018), **Eğitimde Bilimsel Araştırma Yöntemleri**, Pegem Akademi Yayınları, Ankara.

FAINFAIR. D.– DESAI, S. et al (2007), **The Early History of Nanotechnology”**, Nanotechnology: Content and Context, Rice Üniversitesi, Houston, Texas.

KONCAR, V. (2016), **Smart Textiles and Their Applications**, Woodhead Publishing, May,746.

КРИЧЕВСКИЙ, Г.Е. (2011), **Нанотехнология Текстильной Промышленности, Издание первое**, Москва.

KUMAR, V. - BHATELE, M. (2013) **Proceedings of All India Seminar on Biomedical Engineering 2012 (AISOBE 2012)**, Springer, London.

OECD International Futures Programme, (2005), **Opportunities and Risks of Nanotechnologies** , Ed. Christoph Lauterwasser, Report in co-operation with the OECD, Allianz Center for Technology, Germany-France.

PADEM, H.- GÖKSU, A. vd. (2012), **Araştırma Yöntemleri: SPSS Uygulamalı**, İnternational Burch University Yayınları, Saraybosna.

ROSZEK, B. - DE JONG, W.H. et al (2005), **“Nanotechnology in medical applications: state-of-the-art in materials and devices”**, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM

РЫБАЛКИНА, М. (2005), **Нанотехнология для Всех. Большое в Малом** , Nanotechnology News Network, Москва.

SCHNEIDER, H. - NIEGISCHE, N. et al (2004), **Hydrophilic Coating Materials, Sol-Gel Technologies for Glass Producers and Users**, Springer, Boston, MA.

SEYMOUR, S. (2008), **Fashionable Thechology, The Intersection Of Design, Fashion, Science, And Technology**, Springer-Verlag/Wien, Austria.

VIGO, T.L. (1983), **Protection of Textiles From Biological Attack**, Ed. Lewin M., Selo S., Handbook of Fiber Science And Technology, vol.2, Part A, Marcel Dekker Inc. New York.

Makaleler

AĞIRGAN, A. Ö - KANAT, Z. E. vd. (2008), “Nano Partiküllü Su İticilik Maddeleriyle İşlem Görmüş Pamuk ve Polyester Dokuma Kumaşların Karşılaştırması”, **Tekstil ve Mühendis**, 15(69): 7-13.

AHAMED, M – ALSALHİ, M.S et al (2010), “Silver Nanoparticle Applications and Human Health”. **Clinica Chimica Acta**. December, 411(23-24):1841-1848.

AHN, H.W – PARK, C. H et al (2010), “Waterproof and Breathable Properties of Nanoweb Applied Clothing”, **Textile Research Journal**, 81(14): 1438–1447.

AKAYDIN, M. - KALKANCI, M. (2014), “Hastane Giysisi Olarak Kullanılan Kumaşların Antibakteriyel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma”, **SDU Journal of Science (E-Journal)**, 9 (1): 20-34.

ALMA, M. H –YAZICI, M. vd. (2017), “Spunbond Dokusuz Tekstil Yüzeyi Üzerine Elektro Çekim Yöntemi ile Nano Boyutta Grafen Kaplanması ve Karakterizasyonu”, **Tekstil ve Mühendis Dergisi** , Aralık, 24(108): 243-253

ALMEIDA L. - RAMOS D. (2017), “Health and Safety Concerns of Textiles with Nanomaterials”, **17th World Textile Conference Autex 2017- Textiles - Shaping the Future**, 254: 1-6.

ALTAY, P – BAŞAL, G (2010), “Yara Örtüleri”. **Electronic Journal of Textile Technologies**, 4(1):109-121.

ARSLAN, P - TAYYAR, A. E (2016), “Tekstil Alanında Kullanılan Antimikrobiyal Maddeler, Çalışma Mekanizmaları, Uygulamaları Ve Antimikrobiyal Etkinlik Değerlendirme Yöntemleri”, **Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 4, 935-966.

AYDOĞAN-DUDA, N (2012), “Innovation, Technology, and Knowledge Management”, ED. Elias G. Carayannis, **George Washington University**, Washington, DC, USA

AYKUT, Y (2013), “Poliakrilonitril Nanolifler İçerisinde Altıgen Kobalt Sülfür Nanoplaka Sentezi”, **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 18, Sayı 2: 47-54.

BALAGNA, C- PERERO, S et al (2020), “Antipathogen Nanostructured Coating for Air Filters”, **Applied Surface Science**, January, Vol. 508, 145283:2.

БАЛАБАНОВ, В (2009), “Нанотехнологии на основе "эффекта лотоса" в автомобильной промышленности, **Нанометр, Нанотехнологическое Сообщество**, http://www.nanometer.ru/2009/05/09/effekt_lotosa_155233.html

BAYKASOĞLU, A – DERELİ, T vd. (2007), “Medikal Tekstil Ürünlerin Seçiminde Fayda-Maliyet Analizi”, **Journal of Social Sciences, Journal of Social Science**, Aralık, 4(2):19-34

BEHERA, B. K - ARORA, H (2009). “Surgical Gown: A Critical Review”. **Journal of industrial textiles**, 38(3), 205-231.

BEYHAN, B – PAMUKÇU, M.T (2011) “Nanotechnology Research in Turkey: A University-Driven Achievement”, **Science and Technology Policies Research Center**, TEKPOL Working Paper Series, METU, Ankara

BIAZAR, Esmail (2016), “Application of Polymeric Nanofibers in Soft tissues Regeneration”. **Polymers for Advanced Technologies**, 27, 11: 1404-1412

BİLGİÇ, M - UĞUR. Ş. S (2015), “Antimikrobiyal Medikal Tekstil Ürünleri İçin Oleuropein Uygulaması”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 19(2), 104-110.

BINNIG, G – ROHRER, H (1983), “Scanning Tunneling Microscope”, **Surface Science**, North Holland Publishing Company, İsveçre

BIXLER, G. D –BHUSHAN, B (2014),“Rice and Butterfly Wing Effect Inspired Low Drag and Antifouling Surfaces: A Review”, **Solid State and Materials Sciences Journal**, August, 40(1): 1-37.

BIXLER, G. D - THEISS, A et al (2014). “Anti-Fouling Properties of Microstructured Surfaces Bio-Inspired by Rice Leaves and Butterfly Wings”, **Journal of Colloid and Interface Science**, 419: 114–133.

CAN, C - KÖRLÜ, A. (2011), “Antibakteriyel Tekstil Üretiminde Sıkça Kullanılan Gümüşün Etki Mekanizması ve Toksisitesi”. **Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 5(3): 54-59.

CANSIZ, E.İ – KIRMUSAOĞLU, S (2018), “Nanoteknolojide Nano Gümüşün Antibakteriyel Özelliği”, **Haliç Üniv.Fen Bilimler Dergisi**, 1: 119-130

CELEP, Ş – KOÇ, E. (2008). “Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanlar”, **Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 17(7): 43-52.

CHOWDHURY, Kawser Parveen (2018), “Impact of Different Water Repellent Finishes on Cotton Double Jersey Fabrics”, **Journal of Textile Science and Technology**, 4: 85-99.

Cordis European Commission, (2015), “A Pilot Line of Antibacterial and Antifungal Medical Textiles Based on a Sonochemical Process”, **Final Report SONO Project**, <https://cordis.europa.eu/project/id/228730/reporting>

DOĞAN, G.- BAŞAL, G.(2009), “Elektrolif Çekim Yöntemine Göre Elde Edilen Biyopolimer Nanoliflerin İlaç Salınım Sistemleri, Yara Örtüsü ve Doku İskelesi Olarak Kullanımları”, **Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi**, Volume 3(2), 58- 70.

DURAL EREM, A - ÖZCAN, G. (2013), “Polimer Esaslı Nanokompozitler ve Tekstil Uygulamaları”, **Tekstil ve Mühendis**, Nisan 20: 89, 36-47

EADIE, L. - GHOSH, T. K (2011), “Biomimicry in Textiles: Past, Present and Potential. An Overview”, **Journal of the Royal Society Interface**, February, 8, 761-775.

EDN RAMAT Gan (14 June 2016), “ Nano Textile Introduces Novel Technology to Fight Hospital-Acquired Infections, **EDN Gazetesi**. <https://www.edn.com/nano-textile-introduces-novel-technology-to-fight-hospital-acquired-infections/>

ERBIYIKLI, N. (2011), “Tekstil ve Moda Tasarımı Açısından Bilim ve Sanat” , **Akdeniz Sanat Dergisi**, 4(7), 48-50

FERRARA, M (2018), “Smart Experience in Fashion Design: a Speculative Analysis of Smart Material Systems Applications, **Arts Journal**, 8 (4), December, Milano

FEYNMAN, R. P. (1959), “There's Plenty of Room at the Bottom An Invitation to Enter a New Field of Physics”, **CRC Press LLC**, December.
http://nanophotonics.bilkent.edu.tr/Lectures/Lec1/1200_frame_C01.pdf

GANDHIDASAN, P - ABUALHAMAYEL, H. et al. (2018). “Simplified Modeling and Analysis of the Fog Water Harvesting System in the Asir Region of the Kingdom of Saudi Arabia”, **Aerosol and Air Quality Research**, 18: 200–213.

GAO, Y. - CRANSTON, R. (2008), “Recent Advances İn Antimicrobial Treatments Of Textiles”. **Textile Research Journal**, 78.1: 60-72.

GASHTİ, M.P.- PAKDEL, E.F. et al , (2016), “Nanotechnology-based Coating Techniques for Smart Textiles, **In Active Coatings for Smart textiles**” Woodhead Publishing, 243-268.

GIUREA, D – DUMITRESCU, C (2013) “A Biomimetic Approach To The Use and Generation of Building Materials In Architecture”, Conference: **13th SGEM GeoConference Nano, Bio And Green, Technologies For A Sustainable Future**, Sofia

GÖK METİN, Z. – ÖZDEMİR, L. (2015). “Nanoteknolojinin Sağlık Alanında Kullanımı ve Hemşirenin Sorumlulukları”, **Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi**, 18(3): 235-244.

GÜNEŞOĞLU Cem, “Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları (Nano Tekstiller)” , **Mühendis ve Makine Dergisi**, 50(591): 25-34

GÜRMEN, S.–EBİN, B. (2014). Nanopartiküller ve Üretim Yöntemleri, **TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi**,150,31-38

HABİBİE, Sudirman, (2019), “Review of Nano Technology Development in Textile Industry And The Role Of R & D In Indonesia”, **An International Journal (ANTJ)**, March, 5 (1): 1-15.

İŞMAL, Ö.E. - YÜKSEL E. (2016), “Tekstil ve Moda Tasarımına Teknolojik Bir Yaklaşım: Akıllı ve Renk Değiştiren Tekstiller”, **Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi**, 16: 87-98

JEROH M. D. (2017), “The Impact of Nanotechnology on Mobile Phones and Computers”, **Journal of Nanotechnology &Advanced Materials**, 5 (1): 17-22

JOSHI, Mangala (2015), “Nanotechnology: A New Route to High Performance Textiles”, **Semantik Scholar**, 272-293

KARAÇULHA, A. (2010), “Yeni Nesil Biyomalzemeler: Yara Örtüleri”, **ECF 527 Mezuniyet Projesi**, Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Ankara.

KEARNES M.- GROVE-WHITE R. et al. (2006) “From bio to nano: learning lessons from the UK agriculture biotechnology controversy”, **Science as Culture** , 15 (4). pp. 291-307. Londra

KIM G. – PARK J. et al.(2007), “Surface-Treated and Multilayered Poly(e-caprolactone) Nanofiber Webs Exhibiting Enhanced Hydrophilicity”, **Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics** , June ,45(15), 2038- 2046.

KIM, Y. K. (2019), “Nanotechnology-based Advancedcoatings and Functional Finishes for Textiles”, **In Smart Textile Coatings and Laminates**. Woodhead Publishing, 189-203.

KOYUTÜRK A. - DEMİRAY SOYASLAN D.(2016). “Yara ve Yanık Tedavisinde Kullanılan Örtüleri”, **Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Özel Sayı, 1: 58-65

KRUKEMEYER M.G. - KRENN V. et al. (2015), “History and Possible Uses of Nanomedicine Based on Nanoparticles and Nanotechnological Progress”, **Journal of Nanomedicine &Nanotechnology**, 6 (6): 1-7

KURTOĞLU A. H. - KARATAŞ A. (2009), “Yara Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar: Modern Yara Örtüleri”, **Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi** , 38(3), 211-232.

KUT D., GÜNEŞOĞLU C. (2005), “Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları”. **Tekstil&Teknik**, Şubat: 224-230.

LAHEY B.- GIROUARD A. vd.(2011), “PaperPhone: Understanding the Use of Bend Gestures in Mobile Devices with Flexible Electronic Paper Displays”. **29th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Conference Proceedings and Extended Abstracts**, May, Canada,1303-1312.

LYKO, H. (2013), “Nanotechnology in Practical Water Application”, Efficient Solutions For The Future Report Of The Event Nano Meets Water IV at Fraunhofer UMSICHT, **F & S International Edition**, 14: 42-44.

MAMALIS, A. G. (2007). “Recent Advances in Nanotechnology”, **Journal of Materials Processing Technology**, 181: 52–58.

MEOLI, D.- MAY-PLUMLEE T. (2002), “Interactive Electronic Textile Development: A Review of Technologies”, **Journal of Textile and Apparel, Technology and Management**, January, 2(2).

MİRASOĞLU B. (2015), “Yara Bakım Ürünleri”, **TOTBİD Dergisi**, Temmuz, 14 : 456-461.

MUKHOPADHYAY, A. - MIDHA, V. K. (2013). “A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics”, **Journal of Industrial Textiles**, 37: 225-262.

NANOKAR, “Antibakteriyel Tekstil Ürünleri ve Analizleri”, **Nanomalzeme Haber Bülteni**, [Antibakteriyel tekstil ürünleri ve analizleri \(nanokar.com\)](http://nanokar.com)

NASİRÜDDİN, M. - NEYAZ, K. vd. (2017), “Nanotechnology-Based Approach in Tuberculosis Treatment”, **Hindawi Tuberculosis Research and Treatment**, 2017: ID 4920209:1-12.

ÖZCAN, S. - ÇALIŞ AÇIKBAŞ, N. et al. (2017). “Formation Of Antibacterial Effect On Ceramic Tile Surfaces”, **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik**, 18 (1): 122-130.

ÖZCAN, Z. (2014), “Hastane İşletmecisinin Enfeksiyon Riskine Bağlı Tehlike Sorumluluğu”, **AÜHFD**, 63 (3), 551-567.

ÖZDOĞAN E. - DEMİR A. vd. (2006), “Lotus Etkili Yüzeyler”, **Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi**, 16(1), 287-290

ÖZDOĞAN E. - DEMİR A.- SEVENTEKİN N. (2006), “Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamalar”, **Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi** , 16 (3): 159-168.

ÖZEN İ. – DEMİRYÜREK O. (2012), “Su İticilik Bitim İşleminin Farklı Yapıdaki Tekstil Malzemelerine Uygulanması İle Sağlanan Su Geçirmezlik Özelliklerinin Araştırılması”, Erciyes Üniversitesi, **Bilimsel Araştırma Proje Sonuç Raporu** , FBA-10-3015.

PAMUK, O. - ÖNDOĞAN, Z. (2007). “Cerrahi Personelin Ameliyat Önlükleri İle İlgili Görüşlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma”. **Tekstil Ve Konfeksiyon**, Eylül, 2:142-148.

PARKER A. R. –LAWRENCE C. R. (2001) “Water Captured by a Desert Beetle”, **Nature** ,414 (6859): 33-34

- PATRA, J. K. - GOUDA, S. (2013), "Application of Nanotechnology in Textile Engineering: An Overview", **Journal of Engineering and Technology Research**, June 5(5),: 104-111.
- RAI M.- YADAV A. - GADE A. (2009). "Silver Nanoparticles as a New Generation of Antimicrobials". **Biotechnology Advances** , January-February, 27(1):76-83.
- RANI N, G. S. (2017), "Nanotechnology in Medicine Nanomedicine", **Int. Res. J. of Science & Engineering**, 5 (6): 85-99.
- REZAEI-TAVIRANI, M. - BIAZAR, E. vd. (2011). "Fabrication of Collagen-Coated Poly (Beta-Hydroxybutyrate-Co-Beta-Hydroxyvalerate) Nanofiber by Chemical and Physical Methods". **Oriental Journal of Chemistry**, May, 27(2), 385-395.
- ROSENTHAL, S. J.- CHANG, J.C. vd. (2011), "Biocompatible Quantum Dots for Biological Applications", **Chemistry and Biology**, 18(1), 10-24.
- ROŠIĆ R. - KOCBEK P. vd. (2013), "Nanofibers and Their Biomedical Use", **Acta Pharmaceutica**, 63(3): 295-304.
- RUIZ-HITZKY, E.- DARDER, M.- WICKLEIN, B. (2020), "Nanotechnology Responses to COVID-19", **Advanced Healthcare Materials**, 9, 2000979: 6.
- RUGAR D. –HANSMA, P.K. (1990) "Atomic Force Microscopy", *Physics Today* 43,10,23
- SAWHNEY A.P.S. - CONDON B. et al. (2008) , "Modern Applications of Nanotechnology in Textiles", **Textile Research Journal**, 78(8): 731-739
- SEVİNÇ, Ender. (2019). "Nanoteknoloji İnovasyon Sistemi: Türkiye Tekstil Sektörü Örneği", **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 19(2): 23-48.
- SEZGİN, H. – KIZILDAĞ, N. vd. (2015), "Tıbbi Tekstillerde Nanoteknoloji", 15. **Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu**, Mayıs, BAÖB, 1-5.
- SHETTY, P. (2010), Nanotechnology for Health: Facts and Figures, **SciDevNet**.
<https://www.scidev.net/global/features/nanotechnology-for-health-facts-and-figures-1/>
- SHWARTZ, M. (27 July 2005), "Scientists Develop Nanotech-Laser Treatment That Kills Cancer Cells Without Harming Healthy Tissue, Stanford News Service", **Stanford News**,
<https://news.stanford.edu/pr/2005/nanotube-08105.html>
- SILVA M.M.P.– AGUIAR M.I F. et al. (2017). "The Use of Nanoparticles in Wound Treatment: A Systematic Review", **Revista Da Escola De Enfermagem Da USP**, 51e03272: 1-9
- SYDUZZAMAN, M.- PATWARY, S.U. et al. (2015), "Smart Textiles and Nano-Technology: A General Overview", **Textile Science & Engineering**, 1: 1-7.

SOUTO E.B. – RIBEIRO A.F. et al. (2020), “New Nanotechnologies for the Treatment and Repair of Skin Burns Infections”, **International Journal of Molecular Science** , January, 21(2): 393-405.

ŞAHİNOĞLU URAL N. – UYGUR, A. (2014). “Akıllı Tekstiller ve Günümüzdeki Uygulamalarından Bazı Örnekler”, **Güzel Sanatlar Fakültesi Makale Koleksiyonu**, 5:25-29.

TURGUT O. - KESKİN H.L. vd. (2011), “Nanoteknoloji Nedir?”, **Turkish Medical Journal** 5(1) :45-49.

TURKAN, Y. (2015), “Nanoteknoloji Yatırımlarının Maliyetlere Etkisi”, **Journal of Economics, Finance and Accounting**, 2(4):651-671.

TÜYLEK, Z. (2017), “ İlaç Taşıyıcı Sistemler ve Nanoteknolojik Etkileşim”. **Bozok Tıp Dergisi**, 7(3):89-98.

UDAY N.- FERNANDES A.- SHRAVYA H.M. (2016), “Nano Silver in Antimicrobial Textiles”, **International Journal of Engineering Research**, 5(6), 1176-1186

UNGUR G. - HRUZA J. (2017), “Modified Polyurethane Nanofibers as Antibacterial Filters for Air and Water Purification” , **RSC Advances, Royal Society of Chemistry**, 7: 49177 - 49187.

UYANER, M. - ADEM, Y. A. R. (2019), “Nano Elyaf Takviyeli Nanokompozit Üretimi ve Karakterizasyonu”. **Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 1(1): 10-19.

UYANIK S.– BAYKAL P.D. (2018), “Vortex İpliklerden Örme Kumaşların Hava Geçirgenliği Üzerine Lif Cinsi, Karışım Oranı ve Kumaş Sıklığının Etkileri”, **4.Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu**, Bursa.

UZUNKÖY, A. (2005), “Cerrahi Alan Enfeksiyonları: Risk Faktörleri ve Önleme Yöntemleri” , **Ulus Travma Dergisi**, 11(4):269-281.

ÜREYEN M.E. - ÇAVDAR A. vd. (2008), “Yeni Geliştirilen Gümüş Katkılı Antimikrobiyal Tekstil Kimyasalı ve Bu Kimyasal ile İşlem Görmüş Kumaşların Antibakteriyel Performansları”, **The Journal of Textiles and Engineer**, 15(69), 25-31.

VIEIRA, D. B.- GAMARRA, L.F. (2016), “Advances in the Use of Nanocarriers For Cancer Diagnosis and Treatment”, **EINSTEIN**. 14(1):99-103.

VİJAYKUMAR. G. T. - SURAJ, H.S. et al. (2016), “Recent Trends in Nanotechnology and its Future Scope -A Review”, **International Journal on Emerging Technologies** (Special Issue on ICRIET-2016), 7(2): 377-385.

WEISS, C. – CARRIERE, M. et al, (2020) “Toward Nanotechnology-Enabled Approaches against the COVID-19 Pandemic”, **ACS Nano** (Perspective) , Haziran ,14 (6): 6384-6385. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7299399/>

WEN L. - WEAVER J.C. - LAUDER G.V. (2014), "Biomimetic shark skin: design, fabrication and hydrodynamic function", **Journal of Experimental Biology Journal**, 2017, 1656-1666.

YETISEN, A.- QU, H.et al. (2016), "Nanotechnology in Textiles", **ACS Nano**, February, 10(3): 3042-3068.

Tezler

AKPEK, Ali (2009), **Medikal Kumaşlarda İyon İmplantasyon ve Konvansiyonel Nanoteknolojilerinin Antibakteriyel Etkilerinin Karşılaştırılması**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir

BARIŞ, Berkay (2012), **Dendrimer Teknolojisi Kullanılarak Pamuklu Fonksiyonel Kumaşların Eldesi**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, NKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

BERGLIN, Lena T.H. (2008), **InteractiveTextile Structures. Creating Multifunctional Textiles based on Smart Materials**, Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, Chalmers University of Technology, Department of Computer Science and Engineering, Sweden

CELEP, Ş. (2007), **Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimler Enstitüsü, Adana.

COŞKUN, Erman, (2007), **Akıllı Tekstiller Ve Genel Özellikleri**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimler Enstitüsü, Adana.

ÇELİKTÜRK, Bilgen (2011), **Comparison of the Effects of Nano and Conventional Crease Recovery Treatment Process Parameters**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, GÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

DENİZCİ, Ö. M. (2008), **Bilişim Çağında Nanoteknoloji Olgusu ve İletişim Sürecine Yansımaları**, yayınlanmamış doktora tezi, Marmara Üniv. İletişim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DOĞAN, Zarife, (2012). **Nanolif Yara Örtücü Yüzeylerin Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İTÜ. Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

HALAÇELİ, Havva. (2009), **Elastan İçeren Dokuma Kumaşlarda Üç Boyutlu Yaklaşımlar**, yayınlanmamış sanatta yeterlik tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.

KARAHANLAR, Ü. (2014), **Dokuma ve Örmeye Tekstiller Üzerinde Akıllı Uygulamalar**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

KILIÇ, Handan (2016), **Nanopartikül Takviyeli Geri Dönüşüm Pet (Rpet) Polimeri Esaslı Cips ve Lif Formuna Sahip Nanokompozit Üretimi ve Karakterizasyonu**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

MUTLU, Gözde. (2014), **Doku Rejenerasyonunda Kullanılmak Üzere Etken Madde Yüklü Nanofibriler Yapıların Hazırlanması ve Karakterizasyonu**. yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Hacettepe Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZER, Y. (2008), **Nanobilim ve Nanoteknoloji: Ülke Güvenliği /Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi**, yayınlanmamış yüksek tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ŞAHİN, Sevda (2014), **Teknolojik Gelişmeler Ve Uluslararası Rekabet Gücü İlişkisi Bağlamında Nanoteknolojinin Önemi Ve Türkiye Deneyimi**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

ŞAHİN, Simla. (2011), **Medikal Alanda Kullanılan Tekstillerde Antibakteriyel Etkiler İçin Sol-Jel Uygulamaları**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İzmir.

TEMEL,Fikri (2017), **Günümüzde Teknik ve Akıllı Tekstil Uygulamaları**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, MÜ. Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.

UÇAR, Serna (2012), **“Teknik ve Akıllı Tekstil Malzemelerinin Geleneksel (Konvansiyonel) Tekstil Ürünleri, Formları ve Desenlerinde Uygulanması”**, yayınlanmamış sanatta yeterlik tezi, MSGSÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

UNCUOĞLU, Merve (2019), **An Investigation Of Innovative Wearable Technological Textile Products: Specific Application**, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, GÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

Diğer

BUSSINESWIRE News, (2005), Textronics(TM) Introduces Heart Sensing Sports Bra; NuMetrex(TM) Sports Bra Monitors Heart Rate with Innovative Built-in Heart Monitor. <https://www.businesswire.com/news/home/20051212005334/en/Textronics-TM-Introduces-Heart-Sensing-Sports-Bra>

CLEANDEX, (2011) **Нанотехнологии в текстиле**, http://www.cleandex.ru/articles/2011/03/18/nanotechnology_in_textiles

DURAN, Tülay (2015). “Nanoteknoloji Ve Uygulama Alanları”, Power Point sunumu: <https://docplayer.biz.tr/11041294-Nanoteknoloji-ve-uygulama-alanlari.html>

ECHA-European Chemicals Agency, Guidance on the Biocidal Products Regulation Volume V Guidance on active micro-organisms and biocidal products Version 2.1 March 2017.

ETC GROUP, (2004), “The Little Big Down: A Small Introduction to Nano-scale Technologies”, June, 1-10.
<https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/104/01/littlebigdown.pdf>

EUROLAB LABORATORY SERVICES, **Mikrobiyal Testler**,
<https://www.eurolab.com.tr/testler/tekstil-analizleri/mikrobiyolojik-testler>

EUROLAB LABORATORY SERVICES, **Tekstil Analizleri**,
<https://www.eurolab.com.tr/testler/tekstil-analizleri> .

FELIX NONWOVENS, Films and Laminates, Cerrahi İnsizyon Drep/İnsizyon Filmi,
<https://www.felixnonwovens.com/urunler/cerrahi-insizyon-drep---insizyon-filmi-54>.

GLOBES Business News (2016), Israeli co Nano Textile unveils antibacterial fabric,
<https://en.globes.co.il/en/article-israeli-co-nano-textile-introduces-antibacterial-fabric-1001131859>

JAIN D. (2020), “Applications of Nonwovens in Medical Textile, Applications of Nonwovens In Medical Textile” [51433g2g7o4j] (idoc.pub)

KAHRAMAN D. (2010), “**Türkiye’de Nanoteknoloji Alanında Yapılan Çalışmalar Üzerine**”Kocaeli,https://www.academia.edu/541722/Turkiyede_Nanoteknoloji_Alan%C4%B1nda_Yap%C4%B1lan_%C3%87al%C4%B1%C5%9Fmalar_%C3%9Czerine

KIRMAN, Cemal. (2020), “Yüz Maskeleri”, (Power Point Sunusu), **TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Covid-19 Krizi Dönemi Genel Bilgilendirme**, Ankara

ЛЕОНТЬЕВ А. (2007), “Чему можно научиться у геккона”, **Наука и жизнь** 11,
<https://www.nkj.ru/archive/articles/20490/>

NANOKAR, **Antibakteriyel Analizler** , Antimikrobiyal Analizler (nanokar.com)

Празднова Е. (2013), “Фуллерены: Неожиданные Биологические Свойства Углеродных Наночастиц” , **Научно-Популярный Конкурс «Био/Мол/Текст»**-<https://biomolecula.ru/articles/fullereny-neozhidannye-biologicheskie-svoistva-uglerodnykh-nanochastits#source-1>

SÜMER Medikal Tekstil, Crep & Wrap, **İlaç Hazırlama Örtüsü**,
<https://www.sumermedikaltekstil.com/ueruenler>

SKOPBİO, **Koruyucu Etkinlik Testi**, <http://www.skopbio.com/koruyucu-etkinlik-testi-challenge-test/>

TEKSTİL İŞKOLUNDA İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ, <https://www.isguvenligi.net/iskollari-ve-is-guvenligi/tekstil-iskolunda-is-sagligi-guvenligi/>

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI, **Sektörel Atık Kılavuzları: Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü**, 2016, 1-139.

TÜBA, (2020), **COVID-19 Pandemi Değerlendirme Raporu**, Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları, (34), Ankara.

Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı 2017-2018, (2017), **Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı**, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, Ankara

Understandingnano.com, 2019a, Nanoparticles in Antibacterial Treatments. <https://www.understandingnano.com/nanoparticles-antibacterial.html>

Understandingnano.com, 2019b. Novel Nanotechnology Heals Abscesses Caused by Resistant Staph Bacteria. <https://www.understandingnano.com/nanomedicine-nanoparticles-cream-no-staph.html>

USPTO,(2010),Nanotechnology, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/uspc977/defs977.htm>

Vizyon 2023 Ulusal Bilim ve Teknoloji politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi, (2004), **Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu** , Ankara.

<https://covid19.who.int/>

<https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66474/inkubasyon-suresi.html>

www.teknoport.com.tr

<https://www.hurriyet.com.tr/yazarlar/sedat-ergin/covid-19a-karsi-kullandigimiz-maskeler-ne-kadar-guvenli-41620122>

<https://nano-magazine.com/news/2020/8/5/versarien-stocks-rocket-during-nano-mask-launch?rq=mask%20covid>

http://www.versarien.com/files/3815/9619/6343/Versarien_KN95_Facemask_Datasheet.pdf

[http://www. nanotechproject. org/44](http://www.nanotechproject.org/44) 2007.

<https://www.airoasis.com/shop/air-oasis-nano-hct-9-induct/> (29/01/2020)

<http://alpfilte.com/hepa-ve-ulpa-filte.htm>

<https://nocletplus.com/sertifikalarimiz/>

<http://www.hohenstein.de/>

<https://www.schoeller-textiles.com/en/technologies/3xdry-bio>, (06/02/2020).

<https://metininci.files.wordpress.com/2014/07/inovatif-kimya-dergisi-sayi-15.pdf>

<https://kimyaca.com/kanser-tedavisinde-lipozom-arastirmalari-nanoteknolojiyle-bulusuyor/>
Biyosidal Ürünler Yönetmeliği, 1.Bölüm, 4.(c).madde

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/03/20200312-6.htm>

<https://www.felixnonwovens.com/urunler/spunsuper-triplex-37>

[http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/;](http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/)

[http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/;](http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/)

[http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/;](http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/)

[http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/;](http://www.topdesignmag.com/25-amazing-electron-microscope-images/)

https://www.researchgate.net/publication/248555430_Textiles_gain_intelligence

<https://cen.acs.org/articles/94/i28/rise-OLED-displays.html>

<https://libro.eb20.net/Reader/rdr.aspx?b=971374>

<http://cnx.org/content/col10418/1.1/> >

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/265001001.pdf>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169433220300398?via%3Dihub>)
https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi150/d150_3138.pdf
<https://www.semanticscholar.org/paper/Nanotechnology-%3A-A-New-Route-to-High-Performance-Joshi/654c8fd84854887a6fa6df0042a82b58e0090fdd#related-papers>

9. ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise Kazakistan'da öğrenimini tamamladı.

2003 yılında Batı-Kazakistan Devlet Üniversitesi Mesleki Eğitimi ve Tasarım Fakültesi Mesleki Eğitim ve Moda Tasarımı Bölümü'nden mezun olup öğretim üyesi olarak görev yaptı. 2005 yılında Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimler Enstitüsü Giyim Endüstrisi ve Moda Tasarım Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans eğitimini 2009 yılında mezun olarak tamamladı. 2009 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekstil ve Moda Tasarımı Anasanat Dalı'nda Sanatta Yeterlik eğitimine başladı.