

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KENDİ KENDİNİ TEMİZLEYEN BOYARMADDELERLE BOYANMIŞ

DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR

ARAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GONCA ALAN

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR

HAZİRAN, 2011

T.C
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KENDİ KENDİNİ TEMİZLEYEN BOYARMADELERLE BOYANMIŞ
DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GONCA ALAN

HAZİRAN, 2011
UŞAK

T.C
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KENDİ KENDİNİ TEMİZLEYEN BOYARMADDELERLE BOYANMIŞ
DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GONCA ALAN

HAZİRAN, 2011
UŞAK

Gonca ALAN tarafından hazırlanan **Kendi Kendini Temizleyen Boyarmaddelerle Boyanmış Dokuma Kumaşların Performans Özellikleri Üzerine Bir Araştırma** adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR
Tez Danışmanı, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sema PALAMUTÇU
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi

Tarih: 22 / 06 / 2011

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

Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKTAŞ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

TEZ BİLDİRİMİ

Tezde yer alan bütün bilgilerin etiğe ve akademik ahlaka uygun şekilde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gonca ALAN

**KENDİ KENDİNİ TEMİZLEYEN BOYARMADELERLE BOYANMIŞ
DOKUMA KUMAŞLARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR**

ARAŞTIRMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Gonca ALAN

UŞAK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran, 2011

ÖZET

Son yıllarda tüm dünyada artan nüfus ve endüstrinin her alanında yaşanan teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak ‘‘çevresel kirlilik’’ sorunuyla karşı karşıya gelmiş durumdayız. Bireysel ve endüstriyel temizlik için deterjanlar, su ve elektrik kullanımına devam edilmesi durumunda tüm dünyada doğal enerji kaynakları yakın zamanda tükenecektir. Öte yandan güneş temel enerji kaynağımız olmakla beraber, Ozon tabakasında oluşan delik nedeniyle güneşten gelen ışınım insan cildi ve sağlığı için tehlikeli hale gelmiş durumdadır. Doğanın temiz kalmasını sağlamak, doğal enerji kaynaklarını korumak ve temizlik maliyetlerini düşürmek için kendi kendini temizleyen boyarmaddeler ticari olarak üretilmiş durumdadır. Bu boyarmaddelerin içerdikleri TiO_2 nanoparçacıkları sayesinde aynı zamanda UV koruyucu özellikte olduğu bilinmektedir. TiO_2 yarıiletken bir malzeme olup, güneşiğine maruz kaldığında fotokatalitik olarak aktif hale gelir ve yüzeyinde bir dizi redoks tepkimesi meydana gelerek organik kirleri parçalar.

Çalışmada, yukarıda sözü geçen boyarmaddelerle fularda emdirme yöntemine göre boyanmış üç farklı tipteki dokuma kumaş kullanılmıştır. Bu kumaşların boyama sonrası performans özellikleri, UV koruma değerleri ve kendi kendini temizleme özellikleri kumaşların yapısal özelliklerine ve hammaddeye bağlı olarak değerlendirilmiştir.

Bilim kodu : 621.01.00.
Anahtar Kelimeler : Titanyum dioksit, ultraviyole, kendi kendini temizleme
Sayfa Adedi : 85
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr. A.Ebru TAYYAR

**A STUDY ON USAGE PERFORMANCES OF WOVEN FABRICS DYED
WITH SELF CLEANING DYES**

(M.Sc. Thesis)

Gonca ALAN

UŞAK UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 2011

ABSTRACT

In recent years as a result of increasing population around the world, and technological developments in any industrial application areas, we begin to face the “environmental pollution problem”, one of the most important problems of the world. Chemical detergents, water and electricity have been used for individual and industrial cleaning. It is obvious that this common cleaning manner will soon conclude in running out of natural energy sources all around the world. On the other hand, while the Sun is the main energy source of the world, because of the hole occurred in the layer Ozone, radiation from the sun have been become dangerous for human skin and health. In order to keep the nature cleaner, to save the energy sources and to reduce cleaning costs, self cleaning paints are developed and commercially produced. Also it is revealed out that these paints serve as UV protective materials depending on the nanoparticles of TiO_2 they include. TiO_2 is a semiconductor which has a high photocatalytic activity. A series of redox reactions occur on the surface of this semiconductor when it is exposed to sunlight. In the study carried out for this thesis self cleaning dyes are applied to woven fabrics by pad batch method, and the physical and mechanical performances, self cleaning properties and UV protection properties of these fabrics are investigated. The data obtained have been evaluated and compared on the basis of blends and structural fabric properties.

Science Code : 621.01.00.
Key words : Titanium dioxide, ultraviolet, self cleaning
Page number : 85
Adviser : Assist. Prof. A. Ebru TAYYAR

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince emeğini ve desteğini benden esirgemeyen, deneyimleriyle yol gösterip kıymetli zamanını benimle paylaşan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. A. Ebru TAYYAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, hammadde temini konusundaki katkısından dolayı hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Emin YÜKSEKKAYA'ya ve deneysel çalışmalarımı gerçekleştirmek üzere numunelerimi elde etmemde birebir yardımcı olan hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Kemal ŞENGÜL'e teşekkür ederim.

Kumaşların performans özelliklerinin belirlenmesinde Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Ayşe OKUR, Prof. Dr. Merih SARIŞIK, Arş.Gör.Dr. Bengi KUTLU ve Fiziksel Tekstil Muayeneleri Araştırma Laboratuvarı'nda görevli tekniker Özlem ERGÜN'e teşekkür ederim.

Dokuz Eylül Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden Arş. Gör. Mustafa EROL'a değerli fikir ve zamanını ayırdığı için teşekkür ederim.

Çalışmam süresince madden ve manen her zaman yanımda olduğunu hissettiğim aileme, sabrı ve anlayışıyla desteğini benden esirgemeyen eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
RESİMLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler.....	1
1.2. Nanoteknoloji ve Tekstil.....	2
1.2.1. Tekstilde Nanoteknolojinin Kullanımı.....	2
1.3. Titanyum Dioksit ve Fotokataliz Mekanizması.....	4
1.3.1. Titanyum Dioksitin Fotokatalitik Özelliği.....	6
1.3.1.1.Hidrofilik ve Hidrofobik Kavramları.....	7
1.3.2. Fotokatalizm.....	9
1.4. Güneş ve UV Işınım.....	14
1.4.1 Ultraviyole Koruma Faktörü (UPF).....	15
1.4.1.1. Vivo Yöntemi.....	16
1.4.1.2. Vitro Yöntemi.....	16
1.4.2 Bir Kumaşın UV Geçirgenliğini Etkileyen Faktörler.....	17
1.4.2.1 Kumaşın Bileşimindeki Lifler.....	17
1.4.2.2 Liflerin İçerdiği Katkı Maddeleri.....	17

1.4.2.3 Kumaşın Yapısal Özellikleri.....	18
1.4.2.4 Renk ve Renk Şiddeti	18
1.4.2.5 Metrekare Ağırlığı.....	18
1.5. Önceki Çalışmalar.....	18
1.5.1. Tekstil Aplikasyonları.....	18
1.5.2. Tekstil Dışı Aplikasyonlar.....	25
1.6. Çalışmanın Amacı.....	28
2. MALZEME VE YÖNTEM	
2.1 Malzeme.....	29
2.1.1 Numunelerin Oluşturulması.....	30
2.1.2 Fulardda Emdirme Yöntemi ile Boyama.....	30
2.1.3 Aktarılan Katı Madde Miktarının Belirlenmesi.....	34
2.2 Yöntem.....	34
2.2.1. Uygulanan Testler.....	36
2.2.1.1_Kendi Kendini Temizleme Özelliğinin Değerlendirilmesi	36
2.2.1.2 UV Koruma Etkinliğinin Belirlenmesi	37
2.2.1.3 Atkı ve Çözümlü Yönündeki İplik Numaralarının Belirlenmesi.....	37
2.2.1.4 Atkı ve Çözümlü Yönündeki Sıklıkların Belirlenmesi	37
2.2.1.5 Hammadde Tayini.....	37
2.2.1.6 Kumaş Kalınlığının Belirlenmesi.....	38

2.2.1.7 Metrekare Ağırlığının Belirlenmesi.....	38
2.2.1.8 Hava Geçirgenliğinin Belirlenmesi.....	38
2.2.1.9 Kopma Dayanımının Belirlenmesi.....	38
2.2.1.10Yırtılma Dayanımının Belirlenmesi.....	38
2.2.1.11Kuru ve Yaş Sürtünmeye Karşı Renk Haslığının Belirlenmesi.....	40
2.2.1.11.1 Kuru Sürtünmeye Karşı Renk Haslığının Belirlenmesi.....	40
2.2.1.11.2 Yaş Sürtünmeye Karşı Renk Haslığının Belirlenmesi.....	40
2.3 İstatistiksel Değerlendirme.....	41
3.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	42
3.1 Kendi Kendini Temizleme Özelliği Ölçüm Bulguları	42
3.2 UV Koruma Etkinliği Ölçüm Bulguları	43
3.3 Aktarılan Katı Madde Miktarı Ölçüm Bulguları	44
3.4 Kumaş Kalınlığı Ölçüm Bulguları.....	45
3.5 Hava Geçirgenliği Ölçüm Bulguları	46
3.6 Kopma Dayanımı Ölçüm Bulguları	47
3.7 Yırtılma Dayanımı Ölçüm Bulguları	49
3.8 Kuru ve Yaş sürtünme Haslıkları Ölçüm Bulguları	50
4.SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	51
4.1 Kendi Kendini Temizleme Özelliği	51
4.2 UV Koruma Etkinliği.....	51

4.3 Kumaş Kalınlığı	53
4.4 Hava Geçirgenliği.....	54
4.5 Kuru ve Yaş Sürtünme Haslıkları.....	55
4.6 Kopma dayanımı.....	55
4.6.1 Atkı Yönü Kopma Dayanımı.....	55
4.6.2 Çözgü Yönü Kopma Dayanımı.....	57
4.7 Kopma Uzaması.....	58
4.7.1 Atkı Yönü Kopma Uzaması.....	58
4.7.2 Çözgü Yönü Kopma Uzaması.....	59
4.8 Yırtılma Dayanımı.....	60
4.8.1 Atkı Boyuna Yırtılma Dayanımı.....	60
4.8.2 Çözgü Boyuna Yırtılma Dayanımı.....	62
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
6.KAYNAKLAR.....	67
7.ÖZGEÇMİŞ.....	72

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Güneş Işınımı Spektrumu.....	15
Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan kumaşların fiziksel özellikleri.....	29
Çizelge 2.2. Kumaş kodları.....	33
Çizelge 2.3 Kumaş kodlarının açıklamaları.....	33
Çizelge 2.4 Kumaşların UV koruma faktörü sınıflandırması.....	37
Çizelge 3.1 Kendi kendini temizleme özelliği	42
Çizelge 3.2 UPF değerleri	43
Çizelge 3.3 Aktarılan katı madde miktarı	44
Çizelge 3.4 Kalınlık ölçüm sonuçları	45
Çizelge 3.5 Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları	46
Çizelge 3.6 Kopma dayanımı değerleri	47
Çizelge 3.7 Kopma uzaması değerleri.....	48
Çizelge 3.8 Yırtılma dayanımı ölçüm sonuçları.....	49
Çizelge 3.9 Kuru ve yaş sürtünme haslıkları	50
Çizelge 4.1 İstatistiksel analiz.....	52
Çizelge 4.2 Kumaşların metrekare ağırlıkları ile kalınlıklarının varyans analizi.....	53
Çizelge 4.3 Metrekare ağırlığın kalınlığa etkisinin varyans analizi.....	53
Çizelge 4.4 Sıklık kavramlarının karşılıkları.....	54
Çizelge 4.5 Kumaş sıklığının hava geçirgenliğine etkisinin varyans analizi.....	55
Çizelge 4.6 Hammaddeler arası atkı yönü kopma dayanımı varyans analizi.....	56
Çizelge 4.7 Hammaddeler arası çözgü yönü kopma dayanımı varyans analizi.....	58
Çizelge 4.8 Hammaddeler arası atkı yönü kopma uzaması varyans analizi.....	59
Çizelge 4.9 Hammaddeler arası çözgü yönü kopma uzaması varyans analizi.....	60
Çizelge 4.10 Hammaddeler arası atkı boyuna yırtılma dayanımı varyans analizi.....	61

Çizelge 4.11 Hammaddeler arası çözgü boyuna yıtılma dayanımı varyans analizi..... 63

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Pantolon biçiminde yırtılma dayanımı numunesi.....	39
Şekil 2.2 Yırtılma dayanımı değerinin hesaplanması.....	40
Şekil 4.1 Kumaşların metrekafe ağırlıklarına göre kalınlıkları.....	53
Şekil 4.2 Kumaş sıklığı ve hava geçirgenliği arasındaki ilişki.....	54
Şekil 4.3 Kumaşların atkı yönü kopma dayanımı.....	56
Şekil 4.4 Kumaşların çözgü yönü kopma dayanımı.....	57
Şekil 4.5 Kumaşların atkı yönü kopma uzaması.....	58
Şekil 4.6 Kumaşların çözgü yönü kopma uzaması.....	59
Şekil 4.7 Kumaşların atkı boyuna yırtılma dayanımı.....	61
Şekil 4.8 Kumaşların çözgü boyuna yırtılma dayanımı.....	62

RESİMLER LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Nanoteknoloji ile ilgili bilim dalları.....	2
Resim 1.2 Gekonun ayağındaki mikro ve nano yapılı kıllar.....	3
Resim 1.3 Lotus bitkisinin yaprakları.....	4
Resim 1.4 Anataz titanyumdioksitin kristal yapısı.....	5
Resim 1.5 Rutil titanyumdioksitin kristal yapısı.....	6
Resim 1.6 Brukit titanyumdioksitin kristal yapısı.....	6
Resim 1.7 Hidrofilik ve hidrofobik yüzeyler.....	7
Resim 1.8 Göl patencisi.....	8
Resim 1.9 Buğulanmayan ayna ve kirlenmeyen çadır.....	9
Resim 1.10 İletken, yalıtkan ve yarı iletkene ait bant enerji seviyeleri.....	11
Resim 1.11 Fotokataliz ve fotosentez mekanizmaları.....	13
Resim 1.12 Elektromanyetik spektrum.....	14
Resim 1.13 UV radyasyonun yansıması, absorpsiyonu ve transmisyonu.....	16
Resim 2.1 Fulard makinesinin teknesi.....	31
Resim 2.2 Sıkma silindirlerinin basıncı ve kumaş geçiş hızı ayarı.....	31
Resim 2.3 Kumaşın tekneye daldırılması.....	32
Resim 2.4 Kumaşın silindirler arasından geçiş.....	32
Resim 2.5 XRD analizi.....	35

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simge ve kısaltmalar açıklamalarıyla birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Ag	Gümüş
Denye	9000 m ipliğin gram cinsinden değeri
E	Elektrik enerjisi
EP3MAC	2,3 epoksiipropil trimetil amonyum klorit
E_{λ}	Relatif eritemal spektral etki
FeTiO ₃	İlmenit
H ⁺	Hidrojen iyonu
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
MgO	Magnezyum oksit
Ne	Numara İngiliz
O ₂	Oksijen
OH	Hidroksil iyonu
R ⁺	Radikal kök
S_{λ}	Güneşin spektral radyasyonu
SiO ₂	Silisyum dioksit
T_{λ}	Materyalin spektral transmittansı
TiO ₂	Titanyum dioksit
ZnO	Çinko oksit
Zr	Zirkonyum
W	Watt
θ	Sıvı ile yüzey arasındaki temas açısı
λ	Dalgaboyu

Δ_λ

Dalgaboyu adımları

$\mu\text{ m}$

Mikrometre

Kısaltmalar

Açıklama

MW-plazma

Mikrodalga-plazma

nm

Nanometre

PES

Poliester

RF-plazma

Radyo frekansı-plazma

UV

Ultraviyole

UPF

Ultraviyole koruma faktörü

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

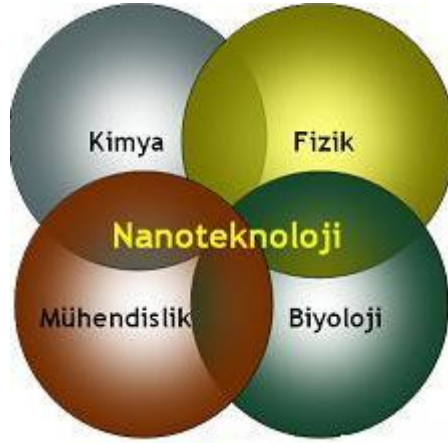
Tekstilde son yıllarda yaşanan gelişmeler tekstil ve insanlık tarihi açısından oldukça dikkat çekici hale gelmiştir. İnşaat, denizcilik, savunma sanayi gibi alanlarda kullanılmak üzere geliştirilen fonksiyonel tekstiller ve farklı malzemelerin bir arada kullanılarak yeni özelliklerin ortaya çıkarıldığı kompozit malzemeler araştırmacıların yoğun ilgi gösterdiği çalışma konuları arasında yer almaktadır. Özellikle son 30 yıl içinde nanoteknoloji alanında yaşanan gelişmeler, işlevsel tekstillerin üretilmesinde önemli bir paya sahiptir.

Günümüz dünyasında çevresel kirliliğin, su ve kimyasalların kullanıldığı geleneksel yöntemlerle giderilebilmesi artan nüfus ve azalan enerji kaynakları göz önüne alındığında yakın dönemde imkansız hale gelecektir. Dolayısıyla son yıllarda bireysel ve endüstriyel düzeyde temizlik ve çevresel arıtım konuları araştırmacıların yoğun ilgi gösterdiği konular arasında yer bulmuştur. Bu amaca yönelik olarak kendi kendini temizleyen boyar maddeler üretilmeye başlanmış ve kendi kendini temizleme özelliğinin tekstil yüzeylerine kazandırılmasıyla ilgili çalışmalar ön plana çıkmıştır. Kendi kendini temizleyen tekstil yüzeylerinin günlük hayatta kullanılmaya başlanmasıyla temizlik maliyetlerinde azalma, su ve elektrik kullanımının minimize edilerek enerji kaynaklarının korunması ve böylece sürdürülebilir yenilikçi temizlik yöntemlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

1.2 Nanoteknoloji ve Tekstil

Tekstilde yaşanmış ve yaşanabilecek olan genel bilgiler bölümünde sözü geçen gelişmelerde özellikle son 30 yıl için nano teknoloji önemli bir paya sahiptir.

Nano teknoloji, maddenin atom boyutunda mühendisliğin yapılarak bilinmeyen özelliklerinin açığa çıkarılması; nanometre (nanometre= 10^{-9} metre) ölçeğindeki fiziksel ve kimyasal olayların anlaşılması, kontrolü ve üretimi amacıyla, işlevsel materyallerin ve sistemlerin geliştirilmesidir. Bir başka ifade ile çeşitli araçların, malzemelerin ve yapıların moleküler düzeyde işlenmesi, oluşturulması ve hayata geçirilmesi olarak tanımlanmaktadır [3-4]. Resim 1.1’de nanoteknoloji ile ilgili bilim dalları gösterilmiştir.



Resim 1.1 Nanoteknoloji ile ilgili bilim dalları [5]

1.2.1 Tekstilde Nanoteknolojinin Kullanımı :

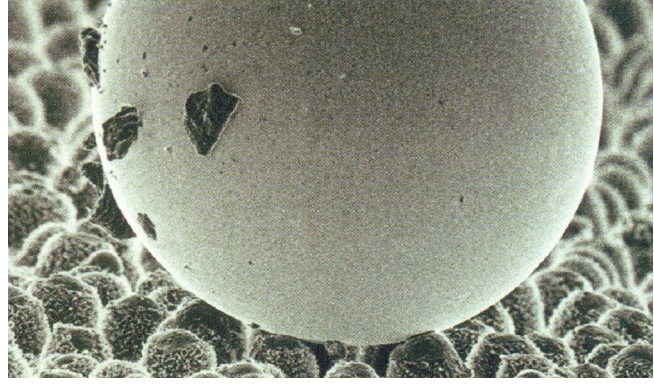
Tekstilde nanoteknolojik gelişmelerin yaşanmasında doğadan esinlenmeler araştırmacılara dikkate değer bir bakış açısı kazandırmaktadır.

Örneğin bir tür kertenkele olan geko, bulunduğu yüzeye ayaklarında bulunan nano yapılı kıllar sayesinde tutunabilmektedir. Resim 1. 2’de geko kertenkelesi ve ayağındaki nano yapılı kıllar gösterilmiştir.



Resim 1.2 Gekonun ayağındaki mikro ve nano yapıllı kıllar [6]

Lotus (nilüfer çiçeği) yaprakları da nano boyutta pürüzlere sahiptir. Bu yaprakların nano pürüzlü olması sonucunda yaprak yüzeyindeki bir su damlası nanopürüzlerin üzerinde durduğu için havayla teması normal bir yüzeydekine göre çok daha fazladır ve dolayısıyla su damlacığının yüzey gerilimi damlanın kaymasını engelleyip yüzeyden yuvarlanarak ilerlemesini sağlar. Yüzeydeki kir parçacıkları da yuvarlanan sıvı damlası ile etkili bir şekilde taşınır. Böylece yüzey kendi kendini temizleme niteliği kazanmış olur. Resim 1.3'te Lotus yaprağı ve üzerindeki su damlası gösterilmiştir.



Resim 1.3 Lotus bitkisinin yaprakları [7]

Kendi kendini temizleyen yüzeylerle ilgili yapılan çalışmalar son yıllarda araştırmacıların üzerinde önemle durduğu bir alan olmuştur. Kendi kendini temizleyen yüzeylerin elde edilmesinde TiO_2 , SiO_2 , ZnO ve MgO gibi metal oksitler kullanılmakta olup, günümüzde sözü geçen metal oksitlerin nano parçacıkları tekstil malzemeleri ile bir araya getirilip nano kompozitler oluşturulmakta ya da bu kompozitler nano ince tabaka olarak tekstil yüzeyine farklı yöntemlerle aktarılmaktadır. TiO_2 kaplama sayesinde kendi kendini temizleyen tekstil ve cam yüzeyler, yine titanyum dioksit nano parçacıkların eklenmesi suretiyle elde edilen kendi kendini temizleyen boyarmaddeler günümüzde büyük ilgi görmektedir [4].

Çalışmanın malzeme-yöntem kısmında haklarında bilgi verilecek olan fularlarda emdirme yöntemi kendi kendini temizleyen yüzeylerin elde edilmesinde geçmişten günümüze en çok kullanılan yöntem olmuştur.

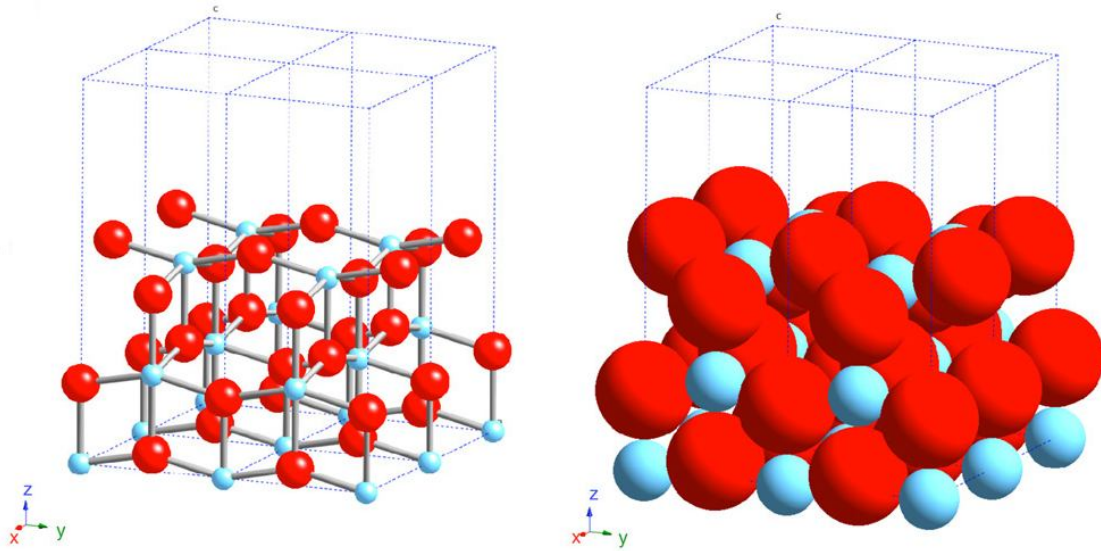
1.3. Titanyum Dioksit ve Fotokataliz Mekanizması

Titanyum, 1971’de titanyum demir olarak da bilinen ilmenit ($FeTiO_3$), elementinin varlığını fark eden William Gregor tarafından keşfedilmiştir. Alüminyum, demir ve magnezyumdan sonra dünyada en çok bulunan metal olan titanyum aynı zamanda yerkabuğunun % 0.63’lük kısmını oluşturan bir elementtir.

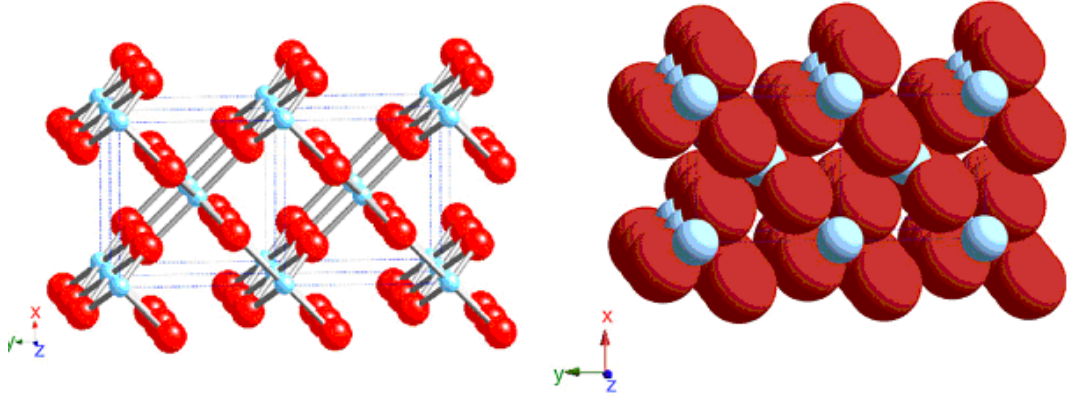
William Gregor’un ardından yıllar sonra Alman kimyacı Heinrich Klaporth rutil mineralinin içeriğindeki titanyumu fark etmiş ve bu elemente Yunan mitolojisinden gelen “Titan” ismini vermiştir. Titanyum elementi doğada tek başına değil, diğer elementlerle

bileşik yapmış halde bulunur. Metamorfik ve püskürük kayalarda bulunan, titanyum elde etmekte kullanılan, kristal formu bir mineral olan rutilin %93-96'sı TiO_2 'den oluşmaktadır. Bu oran ilmenit için %44-70 aralığında değişmektedir. Tüm bu kaynaklardan üretilen TiO_2 'in %98'i beyaz pigment olarak kullanılırken kalan %2'si de farklı amaçlarla kullanılmaktadır [8].

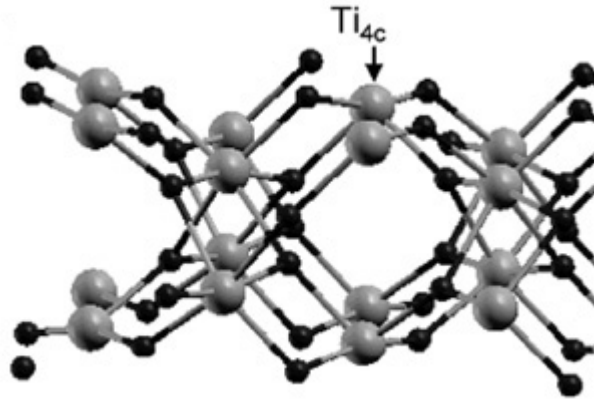
TiO_2 yarı iletken bir metal oksididir. TiO_2 'in anataz, rutil ve brukit olmak üzere üç farklı kristal yapısı vardır. Anatazın ve rutilin kristal yapısı tetragonaldır. Anataz daha düşük sıcaklıklarda kararlı olan bir faz yapısı olup yüksek sıcaklıklarda rutil fazına dönüşmektedir. Rutil ise yüksek sıcaklıklarda kararlı olan bir fazdır. Genellikle sadece minerallerde bulunan brukitin kristal yapısı ise ortorombiktir [9]. Resim 1.4-1.6'da sırasıyla titanyumdioksitin anataz, rutil ve brukit kristal yapıları şematize edilmiştir.



Resim 1.4 Anataz titanyumdioksitin kristal yapısı [10]



Resim 1.5 Rutil titanyumdioksitin kristal yapısı [10]



Resim 1.6 Brukit titanyumdioksitin kristal yapısı [10]

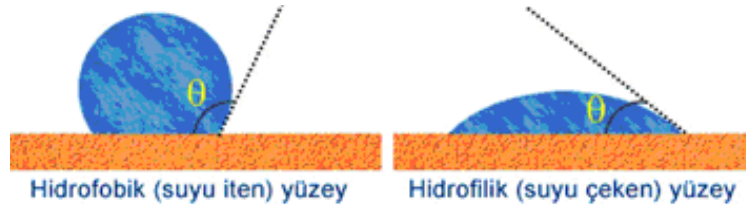
1.3.1 Titanyumdioksitin Fotokatalitik Özelliği

1972’de Fujishima ve Honda rutil TiO_2 ’den yapılmış bir fotoanot varlığında suyu fotokatalitik olarak ayrıştırmışlardır. ($2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$) Bu önemli gelişmenin ardından TiO_2 ’in fotokatalitik açıdan aktif olduğu keşfedilmiş ve bir fotokatalist olarak kullanımı üzerinde bilimsel çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1977’de Frank ve Bard su içindeki siyanürü TiO_2 tozları ile parçalamışlar ve böylece çevresel arıtma alanındaki ilk çalışmayı gerçekleştirmişlerdir [9]. TiO_2 ’nin bilinen fotokatalitik aktivitesinin yanı sıra bir diğer özelliği de ışık etkisi ile yüzeyinin süperhidrofilik özellik kazanmasıdır. TiO_2 ’nin

bu özelliği, buğulanmayan ve kendi kendini temizleyebilen yüzeyler elde edilmesini sağlamaktadır [9].

1.3.1.1 Hidrofilik ve Hidrofobik Kavramları

Yunancada “hydro” ‘su’, “phobos” ‘korku’, “philia” ise ‘arkadaşlık’ anlamına gelir. Buradan hareketle hidrofobik sudan korkan, hidrofilik ise suyu seven anlamlarına gelmektedir. Bu yüzeyler sıvı damlası ile yaptıkları temas açısına göre adlandırılırlar. Temas açısı bir katının bir sıvı tarafından ıslatılmasının sayısal olarak ölçümüdür. Resim 1.7’de gösterilen θ açısı sıvının yüzeyle yaptığı temas açısıdır.



Resim 1.7 Hidrofilik ve hidrofobik yüzeyler [11]

Temas açısı 90° 'den küçükse sıvı yüzeyi ıslatıyor, 90° 'den büyükse ıslatmıyor denir. Sıvı damlası yüzeyde yayılma eğilimi gösteriyorsa buna hidrofilik yüzey, damla yayılmak yerine küresel bir şekilde durma eğilimi gösteriyorsa buna hidrofobik yüzey ismi verilir. Eğer yüzeyler bu eğilimleri çok fazla gösteriyorsa yani damla tamamen yayılıyorsa ve yüzeyle yaptığı açı 5° 'den küçükse (0° 'ye yaklaşıyorsa) bu yüzey süperhidrofilik yüzey olarak adlandırılır. Damla neredeyse küresel bir şekilde duruyorsa ve yüzeyle yaptığı açı 150° 'den büyükse (180° 'ye yaklaşıyorsa) bu yüzey süperhidrofobik olarak isimlendirilir. Temas açısını etkileyen en önemli iki faktör katının yüzey enerjisi ve pürüzlülüğüdür. Yüzey enerjisi, yüzey gerilimi sonucu oluşur. Bir kristal yapı düşünüldüğünde, bu yapının içindeki her bir atom her yönden çekme kuvvetine maruz kaldığı için kararlı bir şekilde yerini koruyabilir. Fakat yüzey atomları için aynı durum söz konusu değildir. Yüzey atomu, kristal yapının içindeki bir atoma uygulanan çekme kuvvetinin yarısını hisseder. Bu nedenle yüzeyden kopma eğilimi gösterir ve bu da yüzey gerilimi yaratır [12]. Yüzey gerilimi düştükçe temas açısı da düşer. Yüzey pürüzlülüğünün artması ise hem hidrofilik

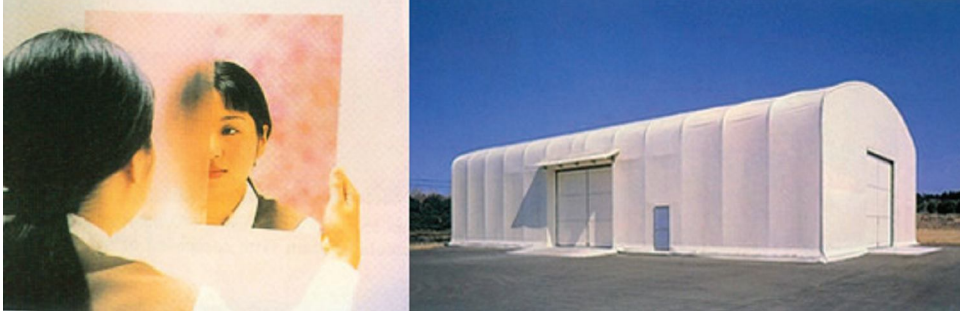
hem hidrofobik özelliği artırır. Pürüzlülük yüzeyle damla arasında hava sıkışmasını sağladığı için aradaki etkileşme miktarını da düşürür. Dolayısıyla temas açısı hidrofobik yüzeylerde artar [11]. Doğadan örnekler vermek gerekirse resim1.8’de gösterilen Latince ismi *Gerris remigis* olan ve göl patencisi olarak da bilinen bir tür canlı bacaklarında bulunan mikro ve nano yapılı tüyler sayesinde süperhidrofobik özellik göstererek suda batmadan ve hatta ıslanmadan yürüyebilmektedir. Canlının üzerine kendi boyutundan büyük bir yağmur damlası düştüğünde dahi bu özellik korunmaktadır [12].



Resim 1.8 Göl patencisi [12]

Süperhidrofobik ve süperhidrofilik yüzeylerin en belirgin özelliği, kendi kendini temizleyebilmeleridir. Süperhidrofilik yüzeylerde temizlenme yayılan suyun akarken yüzeydeki kiri de beraberinde sürüklemesiyle gerçekleşirken; süperhidrofobik yüzeylerde ise yuvarlanan damlacıkların üzerine kirin tutunmasıyla gerçekleşir [7,11]. Süperhidrofobik ve süperhidrofilik yapılar, kaplama yöntemiyle şeffaf bir şekilde cam yüzeylere uygulanabilmekte ve böylece hiç buğulanmayan bir ayna elde edilebilmekte, araba camlarının iç yüzeylerinin aynı şekilde süperhidrofilik olarak kaplanması durumunda

ise hava ne kadar soğuk olursa olsun cam içten buğulanmamaktadır. Dış mekanlarda kullanılan yüzeyler ise süperhidrofobik hale getirildiğinde yüzeyde bulunan kir parçacıkları yağmurla bile yuvarlanarak yüzeyden aşağı inecek ve yüzey kendi kendini temizlemiş olacaktır. Resim 1.9’da bu uygulamalara örnekler gösterilmiştir.



Resim 1.9 Buğulanmayan ayna ve kirlenmeyen çadır [7]

Boyarmaddelere çapları nanometre seviyesinde süperhidrofobik ve hidrofilik parçacıklar katılarak, binaların dış cephe duvarlarının, dış mekanlarda örneğin bahçe mobilyası döşemeliği olarak kullanılan tekstil yüzeylerinin bu tür boyar maddelerle renklendirilmesi sonucu her zaman temiz kalmaları sağlanabilir.

Nehir, dere, göl, havuz gibi su sistemlerinde doğal arıtma, güneş ışığı tarafından gerçekleştirilir. Güneş ışınları büyük organik moleküllerin daha küçük ve basit moleküllere parçalanma reaksiyonlarını başlatır ve reaksiyon sonunda karbondioksit su ve diğer moleküler ürünlerin oluşmasını sağlar. Pek çok organik tür havaya açık olan yüzeylere tutunur ve yeterli dezenfeksiyon yapılmadığı sürece burada üreyerek temasta olan her organizmaya bulaşır. Eğer yüzeylerin yapılmasında kullanılan materyaller titanyum dioksit gibi nano boyutlu bir ince film tabakası ile kaplanırsa ortamda ışık bulunduğu sürece kendi kendini temizleme özelliğine sahip olacaktır [13].

1.3.2 Fotokatalizm

Fotokatalizm “bir katalist varlığı ile bir fotoreaksiyonun hızlandırılması” olarak tanımlanabilir. Fotokatalizör, ışık ile etkileştiğinde aktif hale geçerek, kuvvetli yükseltgen ve/veya indirgen aktif yüzeyler oluşturan bir yarı iletken olarak tarif edilir. [9].

Başka bir tanıma göre ise doğal güneş ışığından ya da bir UV lambasından sağlanan UV ışınları ile oksijen ve fotokatalizörden oluşan sistemin kimyasal reaksiyonlar

sonucunda organik/inorganiklerin parçalanıp yok edilmesine fotokatalitik proses denilmektedir [13].

Fotokatalitik proses için TiO_2 oldukça uygun bir fotokatalizördür. Bunun için en önemli sebep TiO_2 'in zehirsiz oluşu ve suda çözünmeyişidir. Bundan başka; TiO_2 'li ortamda çok kuvvetli oksitleyici tanecikler oluşur. Dolayısıyla oksidasyon reaksiyonlarını gerçekleştirmek için pahalı kimyasal maddelerin kullanımına gerek kalmaz. [13].

İdeal bir fotokatalizörün aşağıda belirtilen özellikleri taşıması gereklidir:

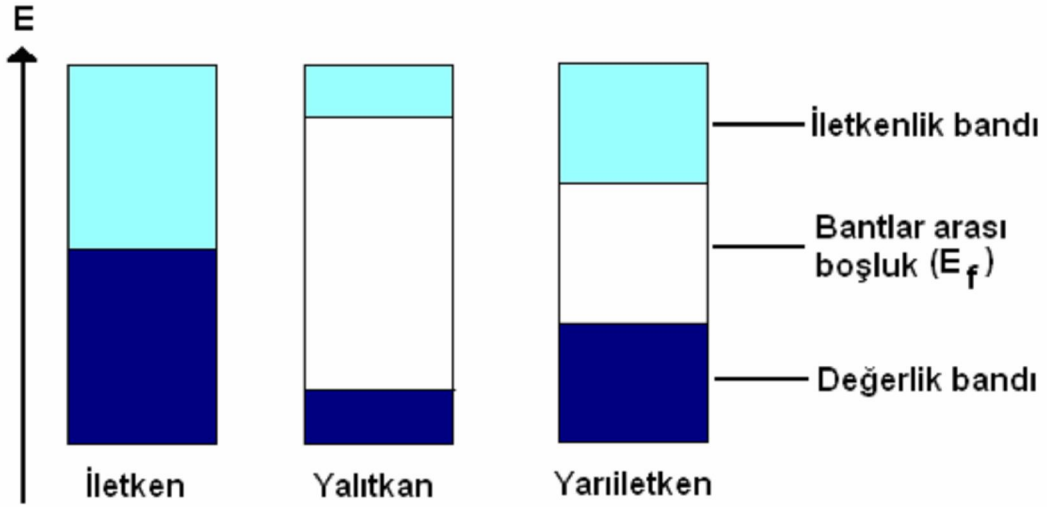
- Kimyasallardan, dış etkilerden etkilenmemeli,
- Görünür ışık veya yakın ultraviyole ışınları ile aktif hale geçebilmeli (ekonomik anlamda önemli),
- Ucuz olmalı,
- Kolay sentezlenebilmeli ve kolay elde edilebilmeli,
- Toksik olmamalı,
- Yüksek fotoaktiviteye sahip olmalı,
- Oldukça geniş yüzey alanı, saf ve nano boyutta kristal yapısına sahip olmalıdır.

Reaksiyon ortamı açısından fotokataliz, homojen ve heterojen sistemler olarak sınıflandırılır. Homojen fotokataliz sistemlerinde reaksiyon tek fazda gerçekleşirken, heterojen fotokataliz sistemlerinde, fotokatalizör yüzeyinde ve ara yüzeyde gerçekleşir

Heterojen fotokatalizörler normal olarak katı/sıvı veya katı/gaz ara yüzeyinde, gaz faz, sulu çözelti veya saf organik sıvı faz gibi değişik ortamlarda etkili olabilirler.

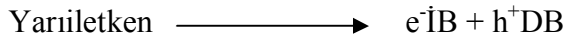
Heterojen fotokatalizörler olarak yarı iletken metal oksitler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yarı iletken maddeler, “bant teorisi” ile açıklanan elektronik yapıları ile karakterize edilirler. Bant teorisi, bütün maddeleri “bant” adı verilen elektronik enerji seviyelerinin bir fonksiyonu olarak tanımlar. Materyaller bu bantlar arasında bulunan enerji boşluğuyla sınıflandırılır. İletken maddelerde değerlik bandı ve iletkenlik bandı birbirine bitişik durumda iken, yalıtkanlarda iki bant arasında oldukça büyük bir farkı vardır. Yarı iletkenlerde bu bant aralığı yalıtkanlara göre daha azdır. Elektronların değerlik bandından iletkenlik bandına geçmesi termal, elektriksel veya ışık gibi bir dış etken sayesinde gerçekleşir [13-15].

Elektronun bir banttan diğerine geçmesine neden olan etki ışık ise bu tür maddelere “fotokatalizör” adı verilir. Resim 1.10’da iletken, yalıtkan ve yarı iletkenlerin enerji bant diyagramları görülmektedir.



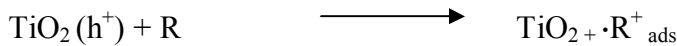
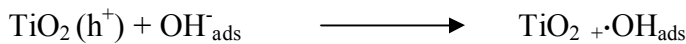
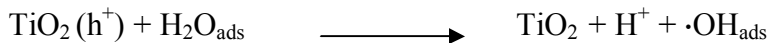
Resim 1.10 İletken, yalıtkan ve yarı iletkene ait bant enerji seviyeleri [15]

Bir yarı iletken en az bant boşluğu enerjisi kadar veya daha fazla enerjili bir foton ile temas ettiğinde, değerlik bandındaki bir elektron iletkenlik bandına geçer. Elektronun uyarılması sonucu iletkenlik bandında elektron fazlalığı ($e^-İB$) değerlik bandında ise elektron boşluğu (hole) (h^+DB) oluşur. Bu oluşum aşağıdaki gibi formülize edilebilir [15,16].

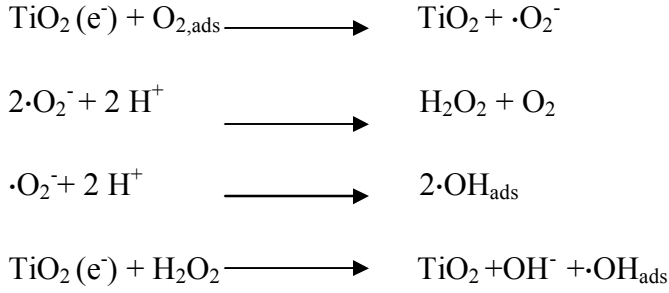


Oluşan boşluklar tıpkı elektronlar gibi parçacık özelliği gösterir. Yani, uyarılan elektronlar indirgen reaktif olarak, elektron boşlukları ise yükseltgen reaktif olarak davranmaktadır.

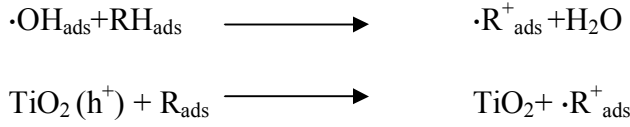
Değerlik bandında tutulan boşluklar aşağıdaki tepkimelerden de görüldüğü gibi sırasıyla adsorplanmış su molekülü, yüzeydeki hidroksil grupları ya da organik türler olabilir [15,16].



Bu aşamadan sonra iletkenlik bandına elektron transferi gerçekleşir [15,16].



$\cdot\text{OH}_{\text{ads}}$ şeklinde gösterilen hidroksil radikal türleri, hem değerlik bandında e^- İB ile h^+ DB'nin birbirinden ayrı tutulması işlemi sırasında hem de iletkenlik bandına elektron transferi sırasında oluşur. H_2O_2 güçlü bir yükseltgen olup, ortamda kirlilik oluşturan moleküllere doğrudan saldırarak parçalanmalarını veya yarı iletkenin ışınla teması esnasında, yüzeyde hidroksil radikallerinin oluşumunu sağlar. Organik kirliliklerin yükseltgenmesi aşağıda gösterilmiştir [15,16].

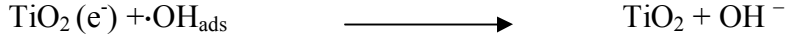
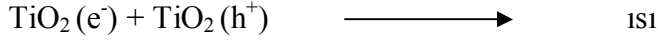


Bu basamaklarda oluşan yüksek oksitleyici özellikteki hidroksil radikalleri veya boşluklar (e^- İB ile h^+ DB) kirliliklerin parçalanmasına neden olurlar. Hidroksil radikalleri organik moleküllerle reaksiyona girdiğinde ilk olarak, oksijen ile reaksiyona girerek, organik peroksi-radikallerini oluşturan serbest radikalleri meydana getirir.

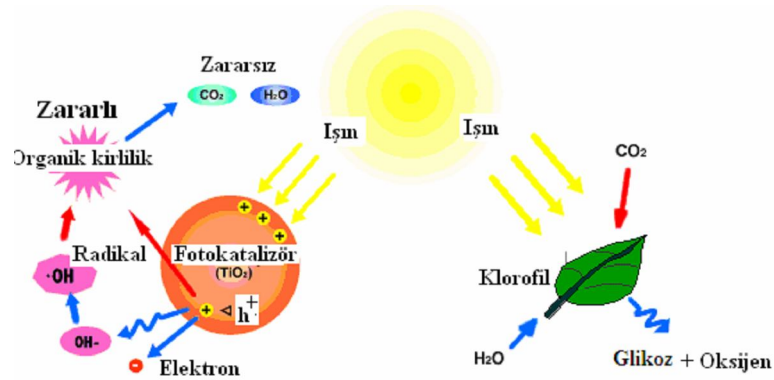
Organik peroksi-radikalleri, zincirleme bir radikal oluşum mekanizmasını başlatır ve kısa süre içinde organik molekül, karbon dioksit ve suya kadar parçalanır.

Fotokatalizörün uyarılması sonucu, iletkenlik bandına geçen elektronlar ise havadaki oksijeni indirgeyerek, süperoksit radikaline ($\cdot\text{O}_2^-$) dönüştürür. Bu radikallerin yükseltgeme gücü, elektronların indirgeme gücünden çok daha fazladır. Bilindiği gibi organik moleküllerin yükseltgenmesi sudan daha kolaydır. Organik madde derişiminin fazla olduğu bir ortamda, fotokatalitik olarak oluşan boşluklar su ile reaksiyona girerek hidroksil radikallerini oluşturmak yerine doğrudan organik madde ile etkileşir. Radikal oluşumları gibi ara basamaklar atlanacağı için fotokatalizörün toplam verimi de artacaktır.

Son olarak da yük taşıyıcılar birleşir. Bu basamaklar yük taşıyıcıların, yani e⁻İB ile h⁺DB'nin tekrar çiftleşmesi olup, reaksiyonu sonlandırır [15,16].



Fotokatalizörün yüzeyinde gerçekleşen mekanizma, fotosentez mekanizmasına benzetilebilir. Bitkilerdeki klorofil de bir çeşit fotokatalizör görevi görmektedir. Çünkü klorofil, üzerine düşen güneş ışınlarını absorplayarak, su ve karbondioksiti oksijen ve glikoza dönüştürürken, fotokatalizör absorpladığı güneş ışınları etkisi ile yüzeyinde kuvvetli yükseltgen türler olan radikalleri (oksid, peroksit ve hidroksil radikalleri) oluşturarak, zararlı organik moleküllerin parçalanarak, su ve karbondioksit gibi zararsız türlerin oluşmasını sağlar. Bu şekilde birbirine benzetilen fotokataliz ve fotosentez olayları basitçe Resim 1.11'de gösterilmektedir.



Resim 1.11 Fotokataliz ve fotosentez mekanizmaları [15]

TiO₂'in sadece UV ışığı ile aktive edilebildiği bilinmektedir. Ancak, UV ışığı, solar spektrumun çok az bir bölümünü oluşturduğu için TiO₂'in pratik uygulamalardaki kullanımı sınırlanmaktadır. TiO₂'yi gün ışığında fotoaktif hale getirebilmenin bir yolu gümüş, tungsten ve molibden gibi maddelerle katkılandırılmaktır [9,12].

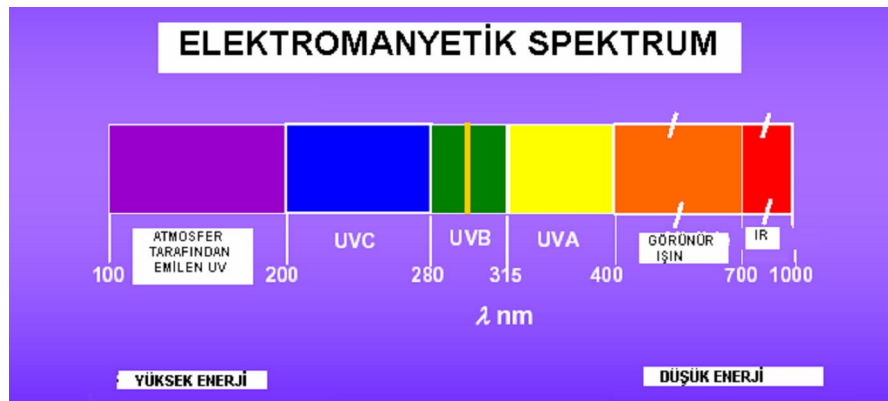
Fotokatalitik bozunmada, ışık kaynağı olarak UV lambalarının yanı sıra güneş ışığından da yararlanılmaktadır. Güneş ışığı etkisiyle fotokatalizör varlığında kirleticilerin bozunumu ile ilgili en azından son 30 yıldır bilimsel araştırmalar gerçekleştirilmesine

rağmen, prosesin endüstriyel ve ticari uygulamaları ve mühendislik projelendirme sistemleri yalnızca son yıllarda gelişme göstermiştir.

1.4 Güneş ve UV Işınım

Evrendeki en önemli enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş'ten dünyaya gelen ışık enerjisi hayatın devamını sağlar ve bu enerji görünür ışınım (ışık), infrared ışınım (ısı) ve ultraviyole ışınımından oluşur. Resim 1.12'de elektromanyetik spektrum gösterilmiştir[13]. Gözlerimiz görünür radyasyona tepki gösterir ve infrared radyasyon ısı olarak deride hissedilir. Ultraviyole radyasyon ise ne görülür ne de hissedilebilir. Bu nedenle daha tehlikeli olan ultraviyole radyasyondur [17].

Güneşten gelen ışınlar atmosferde farklı tabakalarca tutulmaktadır. UV ışınlarının önemli bir kısmı da ozon tabakası tarafından tutulmaktadır. Ancak özellikle 20. yüzyılda tüm dünyada gelişen hızlı sanayileşme süreci, hızlı nüfus artışı ve daha başka birçok nedenle ozon tabakasında incelme ve delinme olmuştur. Bunun sonucunda da dünyaya gelen UV ışınlarının etkinliği artmıştır. Özellikle yaz mevsiminde dünyanın güneşe göre konumu ve ışınların geliş açısına bağlı olarak dünyaya ulaşan UV ışınları insan sağlığı açısından daha tehlikeli hale gelmiştir.



Resim 1.12 Elektromanyetik spektrum [13]

Biyolojik etkileri göz önüne alınarak UV bölgesini üç kısma ayırabiliriz. Bu ayırmada kara ışık bölgesi denilen 400-320 nm arası bölge UV-A olarak adlandırılır. UV-B, 290-320 nm arasını kapsamaktadır. 200 nm ile 290 nm arasındaki ışınlar UV-C bandına

girmektedir ve bu aradaki UV ışımına kısa dalga boylu ışık veya UV-C ışığı denilmektedir [18, 19, 20]. Dezenfeksiyon için gerekli ışığın dalga boyu (254 nm) bu bantdadır. 254 nm dalga boylu ultraviyole ışığını veren UV lambaları üretilmektedir [13]. Çizelge 1.1’de güneş ışınımı spektrumu ve dalga boyu aralıkları verilmiştir.

Çizelge 1.1 Güneş Işınımı Spektrumu [21]

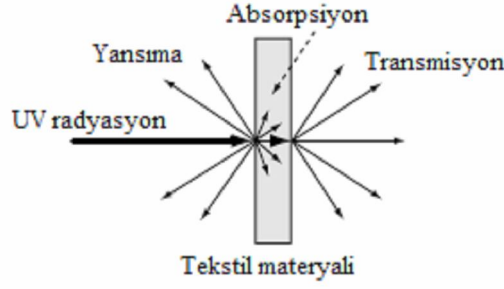
Dalga boyu Aralığı nm	Işın
0.01-10	X
10-200	Vakum UV
200-290	UVC
290-320	UVB
320-400	UVA
400-760	Görünür Işın
10000	Yakın kızılötesi
100000	Uzak kızılötesi

İnsan vücudunun güneş ışığına verdiği tepkiler mevsime, günün hangi saatlerinde günışığı altında kaldığına bağlı olarak ve günışığı altında kalma süresine göre değişmektedir. Güneş ışığının yararlı etkileri fotosentez, görme duyusu, vitamin D sentezi, patojenlerin yok edilmesi, sağlıklı bir bronzlaşma sonucu derideki melanin pigmentinin koruma fonksiyonu, insan psikolojisine olumlu etkisi, bazı deri hastalıklarının fototerapi ve fotokemoterapisi olarak sayılabilir [21]. Bununla beraber güneş yanığı, deri kanseri oluşumu, ışığa bağlı deri yaşlanması gibi zararlı etkileri de mevcuttur.

1.4.1 Ultraviyole Koruma Faktörü (UPF)

Ultraviyole Koruma Faktörü [UPF (Ultraviolet Protection Factor)], bir kumaşın ultraviyole ışınlarla karşı sağladığı korumanın bir ölçütüdür [22,24].

Kumaşın üzerine direkt ışık düştüğünde, radyasyonun bir kısmı yansır, materyal bir kısım radyasyonu absorplar ve diğer bir kısım radyasyon da kumaşın içinden geçer [20]. Resim 1.13’te UV radyasyonun yansması, absorpsiyonu ve transmisyonu şematize edilmiştir.



Resim 1.13 UV radyasyonun yansınması, absorpsiyonu ve transmisyonu [20]

UV koruma faktörü, 22 ± 2 saat kesiksiz olarak günışığına maruz kalan ciltte kızarıklık meydana getirecek olan ışınım enerjisinin, UV koruması altında bulunan ciltteki miktarının koruma altında bulunmayan ciltteki miktarına oranıdır. Bu faktör Vivo ve Vitro isimli iki farklı yöntemle hesaplanabilmektedir. [23,24].

1.4.1.1 Vivo Yöntemi

Bu yöntemde UV koruyuculuğu bulunmak istenen tekstil malzemesini giymiş olan bir cilt ile giymemiş olan bir cilt, günışığı ile benzer ışık spektrumunda ışın yayan bir lamba altında tutulur. UV koruyucu tekstil malzemesi ile UV koruyucu tekstil malzemesi olmaksızın ciltte kızarıklığın oluşması için geçen zaman oranlanır ve böylece tekstil malzemesinin UV koruma faktörü bulunmuş olur. Fakat bu yöntem, güvenilir bir sonuç için çok sayıda denek ve uzun zaman gerektirir [24,25]. Tarafsızlık, tekrarlanabilirlik ve yöntem hızı konusundaki olumsuz etkilerden dolayı bu yöntem yaygın olarak kullanılmamaktadır.

1.4.1.2 Vitro Yöntemi

Vitro yöntemi ile UV koruma faktörünün belirlenmesi uygun bir lambadan kumaşa gelen UV ışınımının kumaştan geçen miktarının ölçülmesi esasına dayanır. Transmisyon (kumaştan ışın geçişi) ile birlikte UPF hesaplanmasında dikkate alınan faktörler aşağıdaki gibidir.

Kumaşın spektral transmittansı ; her UV dalga boyunda kumaşın içinden geçen enerji miktarını belirtir.

Güneşin spektral ışınımı; her dalga boyu için dünya yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarının bir fonksiyonudur.

Eritim etki spektrumu; her dalga boyu için ciltte UV ışınım etkisini belirten değer spektrumudur.

Yukarda belirtilen üç faktör ve transmisyon değeri bir arada kullanılarak formülize edilen UPF değeri eşitlik 1.1’de verilmiştir [23,24,25].

$$UPF = \frac{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda}}{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} T_{\lambda} \Delta_{\lambda}} \quad (1.1)$$

E_{λ} = Relatif eritemal spektral etki

S_{λ} = Güneşin spektral radyasyonu ($Wm^{-2} nm^{-1}$)

T_{λ} = Materyalin spektral transmittansı

Δ_{λ} = Dalgaboyu adımları (nm olarak)

λ = Dalgaboyu (nm)

Vitro yönteminde insana ihtiyaç duyulmadan bu ölçümü ve sonucu değerlendirmeyi gerçekleştiren bir cihaz ve yazılım sayesinde UPF değeri tekrar ölçülebilir ve daha tarafsız olmak üzere elde edilmiş olur.

Bir yaşam alanında herhangi bir yüzeyi örtme amaçlı ya da giysi olarak kullanılan bir tekstil ürününün UV geçirgenliğini etkileyen bir takım etkenler vardır.

1.4.2 Bir Kumaşın UV Geçirgenliğini Etkileyen Faktörler

1.4.2.1 Kumaşın Bileşimindeki Lifler

Bir kumaşta hammadde olarak kullanılan liflerin yapısı ürünün UV geçirgenliğini etkileyen bir faktördür. Örneğin işlem görmemiş pamuk içerdiği doğal pigmentler ve vaks gibi maddelerden dolayı ağartılmış pamuğa göre daha iyi UV koruma sağlamaktadır. Yün lifleri ipek liflerinden daha iyi koruma sağlarken, yapay liflerden poliester lifleri de poliamid liflerine göre daha iyi koruma sağlar [17].

1.4.2.2 Liflerin İçerdiği Katkı Maddeleri

Bazı suni ve sentetik lifler UV radyasyonu absorplayan veya yansıtan ürünlerle birleşir. Titanyumdioksit; baryum sülfat, çinko oksit ve diğer pigmentlerle beraber bu amaç için çok uygundur [17].

1.4.2.3 Kumaşın Yapısal Özellikleri

Çeşitli yapısal özelliklerin (örgü tipi, lif tipi ve sayısı, iplik sıklığı v.s) bileşimi; kumaşların kalınlığı, ağırlığı, gözenekliliği ve dolayısı ile de kumaşlardan UV radyasyonun transmisyonu konusunda büyük bir etkiye sahiptir. Gevşek yapılı ince kumaşlar, daha sıkı dokulu kumaşlardan daha düşük koruma sağlarlar [22-25].

1.4.2.4 Renk ve Renk Şiddeti

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmaddeler, görülebilir radyasyonu (400nm - 700nm) farklı şekilde absorplarlar. Bu tür boyarmaddeler için absorpsiyon alanı UV dalga boylarına kadar uzanabilir ve bu nedenle bu boyarmaddeler UV absorplayıcılar olarak bilinir. Fakat sağlanan koruma miktarı, renk şiddeti ve her bir boyarmaddenin kimyasal yapısına bağlı olarak değişmektedir [17,22].

1.4.2.5 Metrekare Ağırlığı

Aynı örgü yapısına sahip kumaşın koruma faktörü, mamul ağırlığı ile artmaktadır [17].

1.5 Önceki Çalışmalar

1.5.1 Tekstil Aplikasyonları

Meilert ve arkadaşları (2005) çalışmalarında biri sadece peroksit ile ağartılmış, diğeri ise ağartma, yumuşatma ve parlaklık verici bir malzeme aplikasyonu işlemlerinden geçmiş iki farklı tipte pamuklu kumaş kullanmışlardır. TiO_2 'in pamuklu kumaşa uygulanması sırasında 3 farklı kimyasal ayıraçtan faydalanmışlardır. Bu kimyasal ayıraçlar sahip oldukları en az iki karboksil grubundan biri ile pamuklu kumaştaki hidroksil gruplarından birine ester bağı ile bağlanmış, diğeri ile de TiO_2 'ye elektrostatik çekimle tutunmuştur. Kumaşlar 3 farklı ayıraç çözeltisine daldırılmış, 1'er saat bekletilmiş ve 80-90°C arasında 3 dk. kurutmadan sonra 115-210°C arasında 2 dk. fikse edilmiştir. Daha sonra numuneler 5 g/l lik TiO_2 sulu çözeltisinden geçirilip 1 saat süreyle 75°C 'de ısıtılmışlardır. Kırmızı şarap, makyaj, kahve ve ter çözeltileri hazırlanmış ve kumaşlara sürülmüşlerdir. Numuneler 24 saat süreyle bir güneş simülatörü altında 50mW/cm² lik ışık yoğunluğunda bekletilmişlerdir. Sonuçta numunelerdeki kahve ve kırmızı şarap lekeleri gözle görülür seviyede temizlenmiş, ter lekeleri gözle görülür seviyede olmasa da giderilmiş, makyaj lekeleri ise çok az giderilmiştir, yazarlar bunun

sebebini makyaj malzemelerinin içeriğinde bulunabilecek inorganik gruplara bağlamışlardır. Sadece peroksit ile ağartılmış olan pamuklu kumaş daha yüksek bir temizlenme performansı göstermiştir [28].

Bozzi ve arkadaşları (2005) çalışmalarında TiO_2 'nin kumaş yüzeyine bağlanabilirliğini artırmak için %100 PES ve %90-%10 yün-PA kumaşları düşük basınçta RF-plazma, MW-plazma ve vakum-UV ışınımı ile modifiye etmişler ancak bu prosesler sırasında kumaşın hacimli yapısına zarar vermemeye dikkat etmişlerdir. Bu modifikasyon çalışmaları sonucunda kumaş yüzeyinde $-COO^-$, $-O-O^-$ gibi negatif gruplar oluşmakta ve bu gruplar TiO_2 'nin Ti^{4+} iyonları ile yer değiştirmektedir. Kumaş numuneleri, 5 farklı tipte hazırlanmış TiO_2 süspansiyon/koloidal çözeltilerinden birine ya da ardı ardına önce birine sonra diğerine daldırılıp 24 saat süreyle oda şartlarında kuruması beklenip $100^\circ C$ 'de 15 dk fikse edilmiştir. Bu şekilde elde edilen numunelere kırmızı şarap ve kahve lekeleri sürülmüş ve numuneler $50mW/cm^2$ 'lik ışık yoğunluğunda 400-800 nm dalga boyu aralığında 24 saat bekletildikten sonra en iyi temizlenme derecesinin RF-plazma ile modifiye edilip TiO_2 'nin koloidal çözeltisine daldırılmış olan numunede gözlemlendiği belirtilmiştir [38].

Yuarnova ve arkadaşları (2006) koloidal SiO_2 ve TiO_2 çözeltileri hazırlayarak bu çözeltilerin 1:1 oranındaki karışımını fularlarda emdirme yöntemi ile pamuklu kumaşa uygulamışlardır. Elde edilen kaplama şeffaf ve 20-30 nm kalınlığında olmuştur. Kumaş numunelerinin fotokatalitik aktivitesini değerlendirmek için numunelere kırmızı şarap lekeleri sürülerek $45^\circ C$ sıcaklık ve $90mW/cm^2$ ışık yoğunluğunda, 315-400 nm dalga boyundaki ışınım altında 0, 4, 8 ve 24 saatlik sürelerle ışınım gerçekleştirilmiştir. 24 saat sonunda lekenin tamamen temizlendiği gözlenmiş ve kaplamanın fotokatalitik aktivitesinin sadece TiO_2 içeren bir kaplamadan daha yüksek olduğu belirtilmiştir. 48 saatlik ışınım süresi sonunda ise kaplamadaki Ti ve Si miktarlarında hiçbir azalma gözlenmemiştir. Yazarlar bu durumu silikanın amorf yapısına ve yüzey özelliğine bağlamışlardır. Bu çalışmada işlem sıcaklığının $100^\circ C$ 'yi geçmemesi ısıl direnci düşük olan malzemelere de uygulanabilecek bir yöntem olması açısından yazarların özellikle değindiği bir nokta olmuştur [30].

Qi ve arkadaşları (2007) çalışmalarında bezayağı örgüsünde dokunmuş poliester kumaş kullanmışlardır. Kumaşı önce düşük sıcaklıkta oksijen plazma ortamında işleme

sokup, sonrasında kullanacakları anataz TiO_2 'nin kumaş yüzeyine adhezyonunu artıran yazarlar fulardda emdirme işlemi ile TiO_2 applike ettikleri poliester kumaşa bazı performans testleri uygulamışlar ve kumaşın fotokatalitik aktivitesini incelemek için neolan mavisi 2G, kahve ve kırmızı şarap lekeleri kullanmışlardır. Sonuçta ise düşük sıcaklıkta oksijen plazma ortamının, poliester kumaşların anti bakteriyel, kendi kendini temizleme ve UV koruyucu özellik kazanmasına yardımcı olduğu ve kumaşların yırtılma mukavemetinde bir düşüşe neden olmadığı ortaya çıkmıştır [27].

Zhang ve arkadaşları (2009) çalışmalarında yünün ışık altında zamanla sararmasını önleme düşüncesinden yola çıkarak, $20.7 \mu m$ lif çapına sahip merinos tipi işlem görmemiş, ağartılmış ve optik ağartılmış yün cer bantlarını otomatik bir kesiciden 2 tur geçirerek yün tozları haline getirmişlerdir. Böylece katı haldeki TiO_2 nano parçacıklarıyla kütlece eşit miktarda düzgün ve homojen olarak karıştırılan yün tozları 5 tonluk bir yük altında sıkıştırılarak 13 mm çapında ve 0.1g ağırlığında diskler haline getirilmiştir. Simüle edilmiş güneşiğine maruz bırakılan diskler arasındaki değerlendirmede görülmüştür ki kontrol grubuna kıyasla her üç tip yün lifi de daha yavaş bir sararma süreci geçirmiştir. Yünün fotooksidasyon sonucunda sararmasının yüksek oranda yünün keratini tarafından absorbe edilen UV ışığı miktarına bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır [33].

Wu ve arkadaşları (2009) oda şartlarında bir TiO_2 nano-çözeltisi hazırlamışlar ve pamuklu kumaşa fularda emdirme yöntemi ile applike ettikten sonra 4x2cm boyutlarında kesilmiş titanya kaplı numuneleri karanlıkta metiloranj çözeltisine daldırılmış ve üzerine bakteri kültürü enjekte etmişlerdir. Sonuçta görülmüştür ki TiO_2 kaplanmış kumaş yüzeyinde 3 saatlik UV ışınımının hemen ardından metil oranj %60 oranında bozunmuştur. Bununla beraber TiO_2 kaplaması sayesinde kumaşta bakteri tabakası oluşumu engellenmiştir [31].

Tung ve arkadaşları (2009) çalışmalarında biri nitrik asit (N-sol) diğeri hidroklorik asit (H-sol) içeren iki TiO_2 çözeltisi hazırlamışlardır. Yün lifi numuneleri oda sıcaklığında iki grup halinde 1 dk süreyle bu çözeltilere daldırılıp $60^\circ C$ de 5 dk kurutulduktan sonra $120^\circ C$ 'de 3 dk fikse edilmiştir. Numunelerin bir kısmı $45-95 mW/cm^2$ lik ışık yoğunluğunda 8 ve 20 saat süreyle ışınımına maruz bırakılmıştır. Bir kısmı ise metilen mavisi çözeltisi içinde manyetik karıştırıcı tarafından karıştırılırken $1.2-1.3 mW/cm^2$ lik ışık yoğunluğunda ışınımına maruz bırakılmıştır. Nitrik asit içeren çözeltiliyle kaplanmış

liflerin foto oksidasyon sonucunda sarardığı görülmüştür. Bununla birlikte (N-sol) ve (H-sol) ile kaplanmış lifler aralarında benzer fotokatalitik özelliklere ve UV emilimine rastlanırken (H-sol) ile kaplanmış olanların lif mukavemetinde nispeten daha az düşüş gözlenmiş ve hava geçirgenliği (H-sol) ile kaplanmış olanlarda artmıştır. (N-sol) ve (H-sol) ile kaplanmış liflerin her ikisinde de kahve ve kırmızı şarap lekeleri $45-95 \text{ mW/cm}^2$ lik ışık yoğunluğunda 8 saat sonunda gözle görülür derecede, 20 saat sonunda ise tamamen temizlenmiştir. 40 saat sonunda ise (N-sol) ve (H-sol) ile kaplanmış lif numunelerinin içinde bulunduğu metilen mavisi çözeltisi şeffaf hale gelmiştir [36].

Paul ve arkadaşları (2009) pamuk ipliğini nano ZnO parçacıklarıyla kaplamış ve bu ipliklerden örme kumaş elde etmişlerdir. Bunun yanında bezayağı örgüsünde dokunmuş ve ağartılmış, bir de reaktif boyarmadde ile boyanmış dokuma kumaşlar da kullanmışlardır. Dokuma kumaşlar içinse 4 farklı konsantrasyonda TiO_2 içeren nanoçözeltiler hazırlanmış ve kumaşlara dip pad dry (fulardda emdirme ve kurutma) yöntemi ile aplikasyonu sağlanmıştır. Daha sonra pamuklu kumaşlar sükklinik asitle işleme sokulmuştur. Sükklinik asitte bulunan bir karboksil grubu selülozda bulunan bir hidroksil grubuyla çapraz kovalent ester bağı oluşturacak, sükklinik asitteki diğer karboksil grubu titanyaya elektrostatik kuvvetle bağlanacaktır. Sonuçta boyanmamış kumaşların daha etkin şekilde nano parçacıklarla yüklendiği, ZnO parçacıklarının örme prosesini olumsuz yönde etkilediği ve TiO_2 ile kaplanmış kumaşların ev tipi yıkamaya dayanıklı olduğu görülmüştür. Yıkamadan sonra kumaş yüzeyindeki kaplamada aşınmalar olsa da ultraviyole koruma faktörü değerleri bu durumdan etkilenmemiştir [39].

Veronovski ve arkadaşları (2009) çalışmalarında rejenere selüloz lifi kullanmışlardır. Liflerin bir kısmını yalnızca TiO_2 çözeltisi ile diğer bir kısmını ise SiO_2 eklenmiş TiO_2 çözeltisi ile kaplamışlardır. Kaplanmış kumaşları organik bir boyarmadde çözeltisi ile lekeli yazarlar numuneleri güneşiğine maruz bırakmışlar ve ilk 5 gün sonunda yalnızca TiO_2 çözeltisi ile kaplanan kumaştaki leke yoğunluğunun, SiO_2 eklenmiş TiO_2 çözeltisi ile kaplanmış olan kumaşta ilk 8 gün sonunda gözlendiğini belirtmişlerdir [40].

Qi ve arkadaşları (2010) çalışmalarında anataz formda TiO_2 kullanarak sol-jel yöntemi ile bir çözelti hazırlamışlardır. Pamuklu kumaşa basit bir fulardda emdirme yöntemiyle applike edilen bu çözelti, kumaş yüzeyinde ince, şeffaf ve nanokristalin bir

TiO₂ filmi oluşturmuştur. Qi ve arkadaşları sözü geçen pamuklu kumaşlara hem performans hem de fotokatalitik aktivite testleri uygulamışlardır. Uyguladıkları performans testleri sonucunda kumaş yüzeyi ile TiO₂ film arasındaki adhezyonun 20 ev tipi yıkamaya dayanabildiğini görmüşler ve pamuklu kumaşın eğilme rijitliğinin ilk haline göre %13 oranında arttığını buna karşın hava geçirgenliğinin ise %0.76 düştüğünü saptamışlardır. Buradan TiO₂ aplikasyonunun kumaş tutumunu ve hava geçirgenliğini önemli düzeyde etkilemediği sonucuna varmışlardır. Kopma ve yırtılma mukavemeti testleri ise göstermiştir ki; pamuklu kumaşın 20 saat süreyle günışığına maruz kalması sonucunda selülozik zincirlerde meydana gelen kopmalar önemsenmeyecek seviyededir. Qi ve arkadaşları fotokatalitik test için TiO₂ ile işlem görmüş pamuklu kumaşı 1x1 cm'lik numuneler halinde keserek her bir numuneyi 100 ml neolan mavisi 2G çözeltisi içeren beherlerin içine koymuşlar ve beherleri orbital karıştırıcıya yerleştirip 365 nm dalga boyunda ışınım yapan bir lamba altında karışmaya bırakmışlardır. Öncesinde ise kumaşla boyarmadde arasındaki kimyasal emilim dengesinin sağlanması için boyarmadde çözeltisi içinde beyaz haldeki pamuklu kumaş numunelerini 2 saat karanlık ortamda bekletmişlerdir. Qi ve arkadaşları bu kez kumaşa kahve, kırmızı şarap ve köri lekesi uygulamışlar ve bu lekeli kumaşları 4 saat süreyle 4.5 mW/cm² ve 300-400 nm dalga boyunda ışığa maruz bırakmışlardır. Sonuçta hem boyarmadde hem de diğer lekelerin gözle görülür derecede bozunduğu görülmüştür [26].

Moafi ve arkadaşları (2010) çalışmalarında %100 pamuklu, bezayağı örgüsünde dokunmuş, 144 g/m² ağırlığında kumaş kullanmışlardır. Kumaş, yağ, vaks gibi maddelerden arındırılmak için 80°C 'de 30 dk. deterjan ve deiyonize su ile yıkanmıştır. Ag ve Ag-Zr katkılı TiO₂ çözeltileri hazırlanmış ve fulardda emdirme yöntemiyle kumaş yüzeyine aktarılmıştır. İşlem görmüş kumaş 30 dk. 100°C'de kurutulmuş ve 15 dk. 150°C'de fikse edilmiştir. Fotokatalitik test için kumaş metil mavisi ve eozin sarısı boyarmaddelerinin çözeltilerine daldırılmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur. Bu şekilde elde edilen numuneler 200-800 nm dalga boyu aralığında ışınım yapabilen bir ışık kaynağı altında bekletilmiştir. Sonuçta en iyi fotokatalitik aktiviteye Ag-Zr katkılı TiO₂ kaplı numunelerin sahip olduğu görülmüştür [29].

Dastjerdi ve Montazer (2010) insan vücuduna temas eden tekstillerin nem ve sıcaklığın da etkisiyle mikroorganizmaların üremesi ve çoğalması için oldukça uygun bir

ortam oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber tekstil malzemelerinde antimikrobiyal özelliğin sağlanması için kullanılan bazı maddeler insan sağlığına zararlı olabilmektedir. Çevreyi ve insan yaşamını tehdit eder nitelikteki bu maddelere alternatif olarak inorganik nano parçacıkların ve nano kompozitlerin kullanılmasının önemini vurgulayan yazarlar TiO_2 nanoparçacıkları ve metal ya da ametal karakterli nano TiO_2 nanokompozitler üzerinde durmuşlardır. TiO_2 nano parçacıkların kristal yapısını ve fotokataliz mekanizmasını açıklayan yazarlar altın ve gümüş iyonları ile oluşturulan TiO_2 nanokompozitlerinin sadece UV ışığı altında değil aynı zamanda gözle görünür ışıpta da fotokatalitik aktiviteye sahip olduğunu belirtmişlerdir [32].

Erdem ve arkadaşları (2010) çalışmalarında çekim öncesi polipropilen lif eriyiğine TiO_2 nano parçacıkları eklemiştir. Bu şekilde çekim işleminden geçen eriyikten elde edilen filamentlerin mekanik özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmediğini belirten araştırmacılar, filamentlerin mükemmel UV koruyucu özellik gösterdiğini vurgulamışlardır [34].

Uğur ve arkadaşları (2010) çalışmalarında pamuklu dokuma kumaş kullanmışlardır. EP3MAC isimli bir kimyasal yardımıyla kumaştaki selülozun hidroksil gruplarının bu kimyasal ile tepkime vererek kumaş yüzeyinde katyonik yükler oluşmasını sağlamışlardır. Daha sonra kumaş üzerinde çok katmanlı bir TiO_2 filmi oluşturmuşlar ve bu kumaşlara kırmızı şarap lekesi uygulayarak kumaş yüzeyindeki filmin fotokatalitik aktivitesini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar sonuçta, çalışmalarında kullandıkları kumaşların UV koruma özelliğinin kontrol grubuna göre arttığını ve şarap lekesi uygulanmış numunelerin 18 W'lık 254 nm dalgaboyunda ışınım yapan bir UV lambası altında 72 saat bekletildiğinde leke gideriminde gözle görülür bir farka rastlamışlardır [35].

Karimi ve arkadaşları (2010) çalışmalarında pamuklu kumaşı TiO_2 ile kaplarken birinci tip numunenin hazırlanmasında TiO_2 moleküllerinin pamuklu kumaş yüzeyine çapraz bağlarla bağlanması için sükkinik asit kullanmışlardır. Sükkinik asitte bulunan bir karboksil grubu selülozda bulunan bir hidroksil grubuyla çapraz kovalent ester bağı oluşturacak, sükkinik asitteki diğer karboksil grubu titanyaya elektrostatik kuvvetle bağlanacaktır. İkinci tip numune ise sükkinik asit olmaksızın hazırlanacaktır. Bu şekilde elde edilen numuneler Direkt Yeşil 6 boyarmaddesi ile lekelenmiştir. Lekeli kumaşın 20 W ve 400 W'lık lambalar altında ışınımına maruz bırakıldığında en iyi renk açılmasının 400 W

lık ışınımında sükklinik asit varlığında hazırlanmış numunede gerçekleştiği gözlenmiştir. Aynı durum Reaktif Oranj 72 boyarmaddesi için de geçerli olmuştur. Sentetik boyarmaddeler dışında numuneler çay ve vişne suyu ile de lekelenmiştir. Çay lekесinin tamamen yok olmasına karşın vişne suyu lekесi tamamen yok olmamıştır. Fakat organik lekelerin sentetik olanlara göre daha çok ve kolay temizlenebildiği gözlenmiştir. Yazarlar bu durumu sentetik boyaların içerdiği aromatik halkalara bağlamıştır. Numunelere ışınım öncesi ve sonrası yırtılma mukavemeti testi uygulayan yazarlar sükklinik asit varlığında hazırlanan ve ışınım öncesinde test edilen numunelerin mukavemetinde sükklinik asit olmaksızın hazırlanan numunelere göre daha çok düşüşe rastlamışlardır [37].

Palamutçu ve arkadaşları (2011) çalışmalarında, ağartılmış, %100 pamuklu kumaş kullanmışlardır. Kumaşlardan, nano TiO₂ ve toz TiO₂ ile kaplanmış olmak suretiyle iki numune seti oluşturmuşlardır. Araştırmacılar her iki setteki numunelere de antibakteriyel etkinlik, kendi kendini temizleme, UV koruma etkinliği testleri uygulamışlar, bunun yanında kumaşların kopma dayanımı, yırtılma dayanımı, ter haslığı gibi temel performans özellikleri için de testler uygulamışlardır. Araştırmacılar kendi kendini temizleme özelliğinin değerlendirilmesinde çay lekесi kullanmışlar ve numuneleri güneş simülatöründe ışınımına maruz bırakmışlardır. Nano TiO₂ ile kaplanmış kumaşlar araştırmacılar tarafından fotokatalitik açıdan daha etkin bulunurken, her iki setteki numuneler için çay lekесi 60 dk ışınım sonunda tamamen yok olmuştur. Bununla birlikte kontrol kumaşındaki leke giderimi araştırmacılarca belirgin bulunmamıştır. Antibakteriyel etkinlik testinde ise E.coli ve S. Aureus tipi bakteriler kullanan araştırmacılar, kontrol kumaşıyla kıyaslandığında TiO₂ kaplamasının, E.coli için 10 kat, S.aureus için 100 kat olmak üzere antibakteriyel inaktivasyon sağladığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu test için toz TiO₂ ile kaplanan numunelerin etkinliğinin daha iyi olduğunu eklemişlerdir. İşlem görmüş numunelerin UV koruma etkinliğinin mükemmel olmadığını belirten araştırmacılar işlem görmemiş numuneyle kıyaslandığında TiO₂ ile kaplanmış numunelerin UV koruma etkinliğinin daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Kumaşların TiO₂ ile kaplanması sonucunda mukavemet özelliklerinin olumsuz etkilendiğini belirten araştırmacılar, kaplanmış kumaşların daha yumuşak tutumlu olduğunu eklemişlerdir.

1.5.2 Tekstil Dışı Aplikasyonlar

Guan (2005) çalışmasında TiO_2 'ye SiO_2 eklenerek elde edilen TiO_2/SiO_2 filmlerin fotokatalitik aktivite ve hidrofilitesi ile kendi-kendini temizleme etkisi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yalnızca TiO_2 ve farklı oranlarda $TiO_2 - SiO_2$ içeren çözeltiler hazırlanarak cam numuneler bu sollere daldırılmış ve $200\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30 dk kurutulup, sıcaklığın dakikada $2\text{ }^\circ\text{C}$ artışla $650\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye çıkarıldığı ortamda kurutulup 1 saat fikse edilmiştir. Kaplama kalınlığı 120-130 nm olarak belirtilmiştir. Sonuçta filmin içerdiği SiO_2 miktarına göre film yüzeyi kontrol grubuna göre daha yüksek fotokatalitik ve daha düşük süper hidrofilik aktiviteye sahip olabilmektedir. Bu durumun tam tersi de mümkündür. SiO_2 ilavesi ile yüzeyin kir tutmama özelliği iyileşmiştir. Fotokatalitik aktivite ve hidrofilitiklik birbirini pekiştiren iki özelliiktir ve kendi kendini temizlemede ikisinin ortak etkisi söz konusudur [48].

Cai ve arkadaşları (2006) florokarbon esaslı bir boyarmadde ile boyanmış alüminyum bir inşaat yüzeyine TiO_2 içerikli bir sol-jel çözeltisini püskürterek yüzeyi kaplamışlardır. Yüzeyin kendi kendini temizleme özelliğini organik bir pigment indikatörünü fotokatalitik oksidasyona uğratma esasına göre incelemiştirler. Organik pigment olarak metil morunun %0.05'lik sulu çözeltisi kullanılmış ve çözelti numuneler ardı ardına 5 ila 7 kez püskürtülerek leke oluşturulmuştur. Lekeli numuneler Ağustos ayında 11:00-17:00 arasında gün ışığına maruz bırakılmıştır. Yalnızca yarım saat sonunda metil moru tamamen okside olmuştur [45].

Stamate ve Lazar (2007) çalışmalarında bina yüzeyleri ve duvarlarının mikro yapılarından yola çıkarak leke tutmama özelliğine sahip olabileceğine değinmişlerdir. Bu yüzeylerin fotokatalitik aktiviteye sahip olan TiO_2 filmler ile kaplanarak yüzeyde oluşabilecek organik lekelerin giderilebileceğini belirtmişlerdir. Stamate ve Lazar'a göre fotokataliz mekanizmasının daha karmaşık ve ileri seviyedeki oksidasyon proseslerine kıyasla bazı avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar şöyle belirtilmiştir: Fotokataliz olayı kolay ortam şartlarında, basit düzeneklerle yürütülebilmektedir. Fotokataliz mekanizması art işlem gerektirmez ve düşük enerji gereksinimi sonucu maliyet kontrol altında tutulabilir. Bu avantajlar da göz önünde bulundurularak inşaat malzemelerinde gerçekleştirilebilecek TiO_2 uygulamaları Stamate ve Lazar'ın gelecekte araştırılacağını öngördükleri konular arasında yer almıştır [41].

Kang ve arkadaşları (2007) çalışmalarında farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış düşük yoğunluklu polietilen çözeltileri kullanmışlardır. Bu çözeltiler cam numunelerin yüzeylerine sürülüp vakum ortamında kurutularak film haline getirilmiştir. Bilinen Lotus etkisinden (Bkz. Bölüm 1.2.1) ilboyanmamış alınarak yüzeyin micro/nano yapısı incelenmiş ve sıvı moleküllerinin yüzeye yaptığı temas açısı ölçüm yöntemleri uygulanmıştır. Tüm numunelerin beyaz gözenekli bir yapıda ve güçlü hidrofobik karakterde olduğu saptanmıştır. Kendi kendini temizleme mekanizması için önemli olan bu özelliklerin ileride yapılacak çalışmalar ışık tutacağı vurgulanmıştır [46].

Madaeni ve Ghaemi (2007) çalışmalarında ters ozmoz prensibine göre çalışan bir membran yüzeyini TiO_2 ile kaplayarak fotokatalitik aktivite ve ultrahidrofilik özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçta ise %0.001 ve %0.003'lük konsantrasyona sahip TiO_2 çözeltisi ile kaplanmış membran yüzeyinde gözlenen fotokatalitik aktivite sonucunda hem yüzeydeki kirlerin ortadan kalktığı hem de membrandan sıvı geçiş hızının arttığı görülmüştür [49].

Hochmannova ve Vytrasova (2009) çalışmalarında antimikrobiyal yüzey kaplamalarının kullanım alanlarına dikkat çekmişler ve inşaat alanı üzerine yoğunlaşmışlardır. Nano ZnO'nun ve anataz formda TiO_2 'nin iç cephe boyalarının bileşiminde yer almasıyla bakteri ve mantara karşı, fotokatalitik aktivitesi olan antimikrobiyal yüzey elde edilebilecektir. Çalışma sonucunda görülmüştür ki evlerde kullanılan florasan aydınlatma altında nano ZnO içeren duvar boyası TiO_2 'nin anataz, rutil ve brukit formlarına göre daha iyi bir fotokatalitik aktiviteye sahiptir [42].

Chen ve Poon (2009) çalışmalarında TiO_2 'nin inşaat ve yapı malzemeleri alanında kullanımına değinmişlerdir. Binaları iç ve dış yüzeylerinde TiO_2 uygulaması ile sağlanacak kendi kendini temizleme mekanizmasını açıklayan yazarlar bu alandaki araştırma-geliştirmenin yeterli seviyede olmadığını vurgulamışlardır [43].

Prakash ve arkadaşları (2009) nano ve mikro sistemlerde yüzey modifikasyonu sayesinde yüksek bir yüzey alanı/hacim oranı elde ederek, sağlık, organik kirliliğin giderilmesi, biosensörler ve su arıtımı gibi alanlarda modifiye edilmiş bu yüzeylerden faydalanılmasıyla ilgili bir derleme çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında organik kirliliğin giderilmesiyle ilgili olarak fotokataliz mekanizmasına değinmişlerdir. Yaygın olarak

kullanılabilen bir fotokatalist olan TiO_2 'nin özellikle nano parçacıklı olarak kullanıldığında verimliliği yüksek bir fotokatalist olacağını vurgulamışlardır [44].

Kesmez ve arkadaşları (2009) cam yüzeylere yapılan, yansıma, buğulanma gibi istenmeyen durumları önleyen, kendi kendini temizleme ve elektriksel iletkenlik gibi bazı özelliklere sahip kaplamalarla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Farklı kaplama yöntemlerini kıyaslayan yazarlar sol-jel yönteminin hızlı işlem akışı ve düşük maliyeti sayesinde en çok tercih edilen yöntem olduğunu vurgulamışlardır. Cam numuneler ince bir film tabakası oluşturacak şekilde SiO_2 ve farklı konsantrasyonlarda TiO_2 çözeltileri hazırlandıktan sonra 4 mm kalınlığında ve 10x15 cm boyutlarında kesilmiştir. Numuneler önce SiO_2 ile kaplanmış daha sonra 150 mm/dk hızla TiO_2 çözeltisinden geçirilmiştir. Kuruduktan sonra numuneler 350 °C 'de 30 dk fırınlanmıştır. Fotokatalitik aktivitenin değerlendirilmesi için 2,5 x 2,5'lik numuneler kesilip 1 ppm'lik rodamin-B çözeltisine daldırılmış halde 1000 W/m²'lik ışık yoğunluğu altında ışık kaynağına 20 cm mesafede 35 saat bekletilmiş ve rodamin-B çözeltisinde bozunma sonucu oluşacak konsantrasyon düşüşü takip edilmiştir. Kontrol grubu olarak içinde cam numunesi olmayan bir rodamin-B çözeltisi de aynı işleme tabi tutulmuştur. Sonuçta görülmüştür ki en yüksek konsantrasyondaki TiO_2 çözeltisi ile kaplanmış numune en yüksek fotokatalitik aktiviteye sahiptir [47].

Tekstil uygulamaları bölümünde bahsi geçen çalışmalarda, sol-jel yöntemi ile hazırlanarak basit bir şekilde emdirme işlemiyle, genellikle pamuklu ve pamuk-PES ya da pamuk-PA karışımı kumaşlara TiO_2 uygulaması söz konusudur. Bu sayede kumaş yüzeyinde nano ince ve şeffaf bir TiO_2 tabakası oluşturulmaktadır. TiO_2 'in kumaş yüzeyine tutunmasını artırmak amacıyla kumaşı plazma ortamında muamele etmek gibi bazı yüzey modifikasyon yöntemlerinden yararlanıldığı görülmüştür. TiO_2 'in fotokatalitik aktivitesini geliştirmeye yönelik, SiO_2 ile katkılandırılarak kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. TiO_2 'in fotokatalitik aktivitesi sayesinde kumaşlardaki leke giderimini gözlemlemek amacıyla kullanılan lekeler; şarap, vişne suyu, kahve, köri ve makyaj lekeleri gibi günlük hayatta karşılaşılabilecek organik lekelerden seçilmiştir. Işık kaynağı olarak güneş simülatörü, güneşli açık hava ortamı, UV lambası gibi kaynaklar kullanılmıştır. Bazı çalışmalarda kumaşlardaki leke gideriminin gözlenmesinin yanında mekanik ve fiziksel özellikleri de test edilmiştir.

Bu çalışmada literatürden farklı olarak, kumaşlara TiO₂ içeren boyarmadde applike edilerek hem renkli hem de kendi kendini temizleme özelliğine sahip ve UV koruması yüksek kumaşların elde edilmesi hedeflenmiştir.

1.6 Çalışmanın Amacı

Günümüzde bilim ve teknoloji oldukça hızlı gelişmekte ve insanlığa faydalı olacak pek çok yenilik, gelişen teknolojik olanaklar sayesinde hayata geçirilmektedir. Bu hızlı gelişmeye paralel olarak artan endüstriyel çalışmalar bir yandan çevre kirliliğine yol açarken diğer yandan bu kirliliğin ortadan kaldırılması için kullanılan enerji kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Çevresel kirliliğin, yenilenebilir enerji kaynaklarından ışık sayesinde ortadan kaldırılabilmesi TiO₂ kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Buradan yola çıkılarak TiO₂ içeren çözeltiler günlük hayatımızda karşımıza çıkabilecek yüzeylere farklı tekniklerle aktarılmakta, böylece bu yüzeylere kendi kendini temizleme özelliği kazandırılmaktadır. Temizlik maliyetlerinin azaltılması, enerji kaynaklarının tasarrufu ve temizlikte kullanılan kimyasalların olası zararlarının önüne geçilmesinin hedeflendiği bu alandaki çalışmalar tekstil ve tekstil olmayan yüzeyler için gerçekleştirilmektedir.

Araştırmanın temel amacı, açık alanlarda bahçe mobilyası döşemeliği, güneşlik şemsiyesi, bebek arabası tentesi, sofrası ve minder yüzü, kapalı mekanlarda ise stor perde olarak kullanılabilen dokuma kumaşlara kendi kendini temizleme özelliğine sahip boyarmaddeleri fulardda emdirme yöntemiyle aktararak sözü geçen kumaşlara kendi kendini temizleme ve aynı zamanda UV koruyucu özellik kazandırılmasıdır. Bu şekilde elde edilen numunelerin performans özellikleri ve kendi kendini temizleme özelliği incelenmiştir. Ayrıca ozon tabakasının delinmesinden sonra güneş ışınlarının insan sağlığını tehdit eder nitelik kazanmasından yola çıkılarak TiO₂'in UV koruyucu etkisi üzerinde durulmuş ve UV koruyucu tekstil yüzeylerin insan sağlığı için önemi vurgulanmıştır. Kimyasal arıtımın sebep olabileceği çevresel tahribatın azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının temizlik için kullanımının hayatımızın her alanında var olan tekstiller için de geçerli olmasını desteklemek çalışmamızın diğer bir amacını oluşturmaktadır.

BÖLÜM 2

MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzeme

İplik numaraları, sıklıkları ve metrekare ağırlıkları aşağıdaki çizelgede verilen her üçü de bezayağı örgüsünde dokunmuş %100 pamuk, harmandan karışım olmak üzere %60-%40 PES-pamuk ve atkısı pamuk çözgüsü PES %65 pamuk-%35 PES olmak üzere ağartılmış, 3 farklı tipte kumaş ve boyarmaddenin tekstil yüzeyine aktarılmasında kullanılan, katı madde içeriği %37,8 olan binder piyasadan temin edilmiştir. 3 ana renkte ve beyaz Dyo marka nano ipek mat iç cephe boyası satın alınmıştır. Çizelge 2.1’de çalışmada kullanılan kumaşların fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Çalışmada kullanılan kumaşların fiziksel özellikleri

Kumaş tipi	Metrekare ağırlık (g/m ²)	Atkı sıklığı (tel/cm)	Çözgü sıklığı (tel/cm)	Atkı Numarası	Çözgü Numarası	Örgü türü
%100 Pamuklu	110	26	30	30 Ne	30 Ne	Bezayağı
%65 Pamuk %35 PES (Çözgü-PES)	100	21	30	20 Ne	108 denye	Bezayağı
%40 Pamuk %60 PES (Harman karışım)	120	25	38	25 Ne	30 Ne	Bezayağı

2.1.1 Numunelerin Oluşturulması

Bir tip kumaştan 30 cm x 250 cm boyutlarında 7 adet numune kesilmiştir. Numunelerin üç tanesi 3 ana renkte (sarı, kırmızı, mavi), diğer üç tanesi ise bu renklere beyaz boyarmadde eklenerek açık tonlarında fulardda emdirme yöntemine göre boyanmıştır. Her tip kumaş için birer numune de beyaza boyanmıştır. Boyama işlemi için her bir ana renkte 750 ml boyarmadde ve 150 ml binder kullanılmıştır. Açık tonlar ise 375 ml ana renk ve 375 ml beyaz kombinasyonu ile elde edilmiştir. Aktarılan katı madde miktarı üç tip kumaş için de %65 olarak belirlenmiş ve sıkma silindirlerinin basıncı 6.5 bar olarak ayarlanmıştır [51]. Kumaş geçiş hızı ise 5 m/dk olarak belirlenmiştir. Bu yöntem aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

2.1.2 Fulardda Emdirme Yöntemi ile Boyama

Bu yöntemde temel olarak kumaş bir tekne içerisindeki flotte ile çok kısa süre temas eder ve belirli basınçtaki sıkma silindirleri arasından geçirilerek kurutma ve diğer art işlemlere tabi tutulur. Böylece tekne içindeki malzeme kumaşa emdirilmiş olur. Bu işlemin yapıldığı makinenin ismi fularddır. Homojen kalınlıkta bir emdirme sağlanabilmesi için sıkma silindirlerinin basıncı ve kumaş geçiş hızı önemli etkenlerdir. Fulard makinesinin bütün çalışma ayarları işlem gören kumaş türüne göre değişir. Çalışma ayarları, yani kumaşın geçiş hızı ve silindirlerin sıkma basıncı kumaşa aktarılan katı madde miktarına (pick-up değeri) göre yapılmaktadır. Emdirme yönteminde aktarılan katı madde aşağıdaki eşitliğe (2.1) göre hesaplanır.

$$A = \frac{E_2 - E_1}{E_1} \times 100 \quad (2.1)$$

Burada,

A = Aktarılan katı madde miktarı

E₂ = Emdirilmiş kuru tekstil ürününün ağırlığı

E₁ = Tekstil ürününün emdirilmeden önceki ağırlığı

Resim 2.1-2.4' de sırasıyla kumaşlara uygulanan işlemler gösterilmiştir.



Resim 2.1 Fulard makinesinin teknesi [51]



Resim 2.2 Sıkma silindirlerinin basıncı ve kumaş geçiş hızı ayarı [51]



Resim 2.3 Kumaşın tekneye daldırılması [51]



Resim 2.4 Kumaşın silindirler arasından geçişi [51]

Böylece 21 farklı tipte numune elde edilmiştir. Elde edilen numuneler, boyarmaddenin fikse olmasını sağlamak amacıyla numune başına 15 dk olmak üzere 135°C'deki buharlı ütü ile ütülenmiştir.

Kumaşların testler ve değerlendirmeler esnasında karışmasını önlemek amacı ile her tip kumaşa bir kod verilmiştir. Çizelge 2.2’de bu kodlar yer almaktadır.

Çizelge 2.2 Kumaş kodları

KUMAŞ HAMMADDE	RENK (1:1)	RENK (1:2)	BEYAZ	BOYANMAMIŞ
%100 Pamuk (C)	CS	CAS	CB	CH
	CK	CAK		
	CM	CAM		
%65 Pamuk %35PES(Çözgü) (CP)	CPS	CPAS	CPB	CPH
	CPK	CPAK		
	CPM	CPAM		
%60 PES-%40Pamuk (Harmandan karışım) (PC)	PCS	PCAS	PCB	PCH
	PCK	PCAK		
	PCM	PCAM		

Kumaşların hammaddelerini ve her bir kumaşa ait 3 farklı renkteki, 2 farklı koyuluk değerindeki numuneleri temsil eden harfler Çizelge 2.3’te açıklanmıştır.

Çizelge 2.3 Kumaş kodlarının açıklamaları

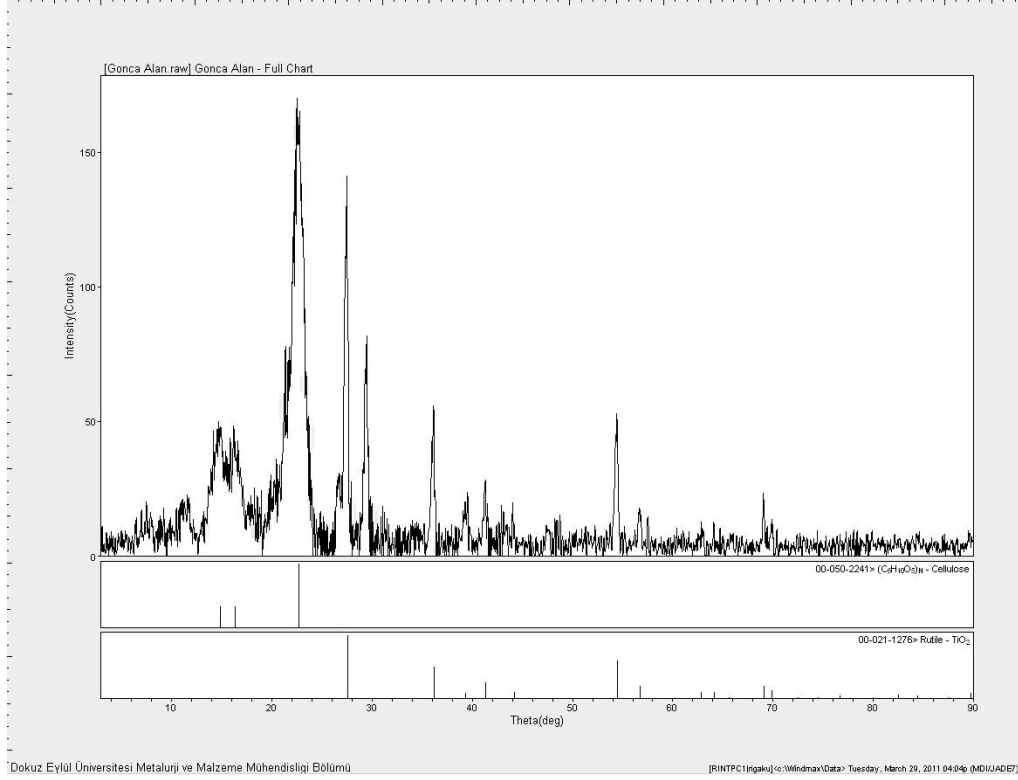
Kod	Açıklama
C	Pamuk (Cotton)
P	Poliester
H	Ham (boyanmamış)
B	Beyaz
S	Sarı
K	Kırmızı
M	Mavi
AS	Açık Sarı
AK	Açık Kırmızı
AM	Açık Mavi

2.1.3 Aktarılan Katı Madde Miktarının Belirlenmesi

Aktarılan katı madde miktarı dokuma kumaşlar için genellikle %65-%80 aralığında olacak şekilde belirlenmektedir [51]. Söz konusu oranı çalışmamızda kullandığımız kumaşlar için belirlemek amacıyla makine ayarları üzerinde yapılan deneme çalışmaları sonucunda, aktarılan katı madde miktarının %65 olduğu durumdaki sıkma basıncı ve kumaş geçiş hızı ayarları sabit tutularak boyama işlemine geçilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız her üç tip kumaşın doku yapısı aynı ve metrekare ağırlıkları birbirine yakın olduğundan makine üzerinde sağlanan ayarlarda değişiklik yapılmadan üç tip kumaşa ait numuneler boyanmıştır. Bir numune için aktarılan katı madde miktarının tespitinde metrekare ağırlık tespiti prensibi uygulanmış ve emdirilmiş kuru numune ağırlığından emdirilmemiş kuru numune ağırlığı çıkarılarak aradaki fark emdirilmemiş kuru numune ağırlığına oranlanmıştır. Bu işlem her bir numunenin 4 farklı yerinden 10x10 cm ebatında örnekler alınarak tekrarlanmıştır.

2.2 Yöntem

Deneysel çalışma için elde edilen numunelere bu bölümde belirtilen testler uygulanmıştır. Öncelikle boyarmaddenin titanyum dioksit içerdiğine dair teyit üretici firmadan alınmış olup, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde bulunan X-Işınları Laboratuvarında boyanmış numunenin XRD (X ışınları difraksiyon) analizi sonucunda boyarmaddenin içerdiği titanyum dioksitin rutil fazda olduğu belirlenmiştir. Kullanılan cihaz Rigaku D/Max-2200/RC markadır. Bu analiz malzemelerin ve ince filmlerin kristal yapılarını, kimyasal bileşimlerini ve fiziksel özelliklerini ortaya çıkaran bir yöntemdir. Bir X ışın demetinin malzemeye çarpması sonucunda malzemenin kristal yapısından geçen X ışınlarını simgeleyen noktacıklar oluşur. Bu noktacıkların birleşimi ise difraksiyon eğrisini meydana getirir. Resim 2.5'te çalışmada kullanılan boyanmış bir numuneye ait XRD analiz sonucu görülmektedir.



Resim 2.5 XRD analizi

Kumaşların kendi kendini temizleme özelliklerinin incelenmesi için ise %6'lık hazır kahve çözeltisi hazırlanmış, vişne suyu ve mürekkep lekeleri seçilmiştir. Lekeler damlalıklarla birer damla olarak her kumaş tipine uygulanmıştır.

Kumaşların performans özelliklerinin belirlenmesi için kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti, kuru ve yaş sürtünme haslıkları, metrekaresi ağırlık, sıklık, iplik numara tayini ve hammadde tayini Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Fiziksel Tekstil Muayeneleri ve Kimyasal Tekstil Muayeneleri Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Hava geçirgenliği, kalınlık ve UV geçirgenliği testleri ise Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Fiziksel Tekstil Muayeneleri ve Kimyasal Tekstil Muayeneleri Laboratuvarları'nda yapılmıştır.

Kumaşın kendi kendini temizleme özelliği kazanıp kazanmadığının tespit edilmesi için yapılan fotokatalitik parçalanma sonucu leke giderilmesinin gözlenmesi esasına dayalı test ise Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Elektronik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Bütün

kumaş numuneleri belirtilen testlere tabi tutulmadan önce 24 saat standart laboratuvar koşullarında (20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 2 bağıl nemde) bekletilerek kondüsyonlanmıştır.

2.2.1 Uygulanan Testler

2.2.1.1 Kendi Kendini Temizleme Özelliğinin Değerlendirilmesi

Boyanmış kumaşın fotokatalitik aktivitesinin tespit edilmesi için 45 cm x 45 cm x 60 cm boyutlarında bir UV ışın kutusu kullanılmıştır. 2x1 cm boyutlarında kesilen ve damlalıklı 1'er damla olacak şekilde %6'lık hazır kahve, vişne suyu, mürekkep ile lekelenen numuneler 48 saat Philips TUW serisi UV lambası altında 18 W 254 nm dalgaboyunda 60 V 0.37 A'lık akım değerinde numunelerle lamba arasındaki mesafe 20 cm olmak üzere bekletilmiştir. Numunelerde gözlenen leke giderimi numunelerin ilk halleri referans alınarak gri skala ile değerlendirilmiştir.

Renkli bir kumaşın dış etkenlere karşı (sürtme, yıkama...vb.) rengini koruyabilme özelliği test edildiğinde değerlendirme gri skala ile yapılır. Test edilen kumaş ve orijinal kumaş yan yana konularak gri skala üzerindeki 1'den 5'e kadar olan tam değerler ve her bir tam değer arasında yer alan 1-2, 2-3 gibi ara değerlerden hangisindeki görüntü yakalandıysa kumaş için o değer tespit edilir. Değerlendirme ışık kabini D 65 ışığı altında yapılır. Kumaşın rengini koruyabilmesine yönelik yapılan bu tip testlerde gri skala üzerindeki 1 değeri en kötü sonuç anlamına gelirken, 5 değeri kumaşın rengini tam olarak koruduğunu ifade eder ve en iyi sonuç anlamına gelir.

Çalışmada kullanılan kumaşların kendi kendini temizleme özelliği kazanıp kazanmadığını test etmek amacıyla kumaşlar lekelenilerek UV lambası altında yukarıda belirtilen koşullarda bekletilmiştir. Kumaşlardaki leke giderimini gözlemlemek amacıyla gri skala kullanılmış olup, kumaşa lekenin ilk sürüldüğü hali referans (5 değeri) kabul edilerek test sonucunda lekelerde meydana gelen solmaya göre notlar verilmiştir. Lekenin giderilmiş olup 5 değerinde kalmaması çalışmanın söz konusu leke için başarılı sonuç verdiğini göstermektedir.

2.2.1.2 UV Koruma Etkinliğinin Belirlenmesi

Kumaşların UV ışığını bloke etme yetenekleri UV ışığı koruma faktörü ile ifade edilmektedir. Bu amaçla UV Geçirgenliği ve Koruma Sistemleri M350 isimli cihaz kullanılmış ve test AS/NZS 4399:1996 standardına uygun olarak yapılmıştır [52]. Bu standarda göre UV koruyuculuk aşağıdaki çizelgeye bakılarak belirlenir.

Çizelge 2.4 Kumaşların UV koruma faktörü sınıflandırması

UPF Aralığı	Koruma Sınıfı
15-24	İyi
25-39	Çok İyi
40-50, 50+	Mükemmel

2.2.1.3 Atkı ve Çözümlü Yönündeki İplik Numaralarının Belirlenmesi

Atkı ve çözgü yönündeki iplik numaralarının belirlenmesi için TS 244 EN ISO 2060 numaralı standart esas alınmıştır [53]. Her üç tip kumaş için kumaşların farklı yerlerinden alınmış olmak suretiyle atkı ve çözgü yönünde 1'er metrelik 3'er adet numune kesilerek bu numunelerden çıkarılan 5'er atkı ve çözgü iplikleri tartılmış ve birim uzunluktaki ağırlık hesabına göre numaralandırılmıştır.

2.2.1.4 Atkı ve Çözümlü Yönündeki Sıklıkların Belirlenmesi

Atkı ve çözgü yönündeki sıklıkların belirlenmesi için TS 250 EN 1049-2 "Tekstil Dokunmuş Kumaşlar-Yapı Analiz Metotları-Kısım 2-Birim Uzunluktaki İplik Sayısının Tayini" standardı esas alınmıştır [54].

2.2.1.5 Hammadde Tayini

Piyasadan temin edilen üç farklı tipteki kumaşın hammadde tayini TS 1700 numaralı "Tekstil-İkili Lif Karışımları-Kantitatif Kimyasal Analiz Metotları" isimli standart esas alınarak yapılmıştır [55]. H₂SO₄ yöntemine göre analiz gerçekleştirilmiştir.

2.2.1.6 Kumaş Kalınlığının Belirlenmesi

Kumaş kalınlığının belirlenmesi için BS 2544: 1967, “Determination of thickness of textiles and textile products”, British Standards, London standardı esas alınmıştır [56]. Kırışksız olarak kondüsyonlanmış kumaşların her birinin 4 farklı yerinden ölçümler alınmış ve aritmetik ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.

2.2.1.7 Metrekare Ağırlığının Belirlenmesi

Numunelerin metrekare ağırlığının belirlenmesi için TS 251 ‘Dokunmuş kumaşlar-Birim Uzunluk ve Birim Alan Kütlesinin Tayini’ standardı esas alınmıştır [57]. Kondüsyonlanmış kumaşlardan alınan 4’er adet numune tartılmış ve aritmetik ortalamaları alınarak birim alan kütleleri hesaplanmıştır.

2.2.1.8 Hava Geçirgenliğinin Belirlenmesi

Hava geçirgenliğinin belirlenmesi için TS 392 EN ISO 9237 ‘‘ Tekstil-Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini’’ standardı esas alınarak Textest FX 3300 cihazında 100 Pa basınç şartlarında ve 20 cm²’lik test ölçüm alanında test uygulanmıştır [58]. Kumaşların 10 farklı bölgesinde test uygulanarak ortalama hava geçirgenliği değerleri hesaplanmıştır.

2.2.1.9 Kopma Dayanımının Belirlenmesi

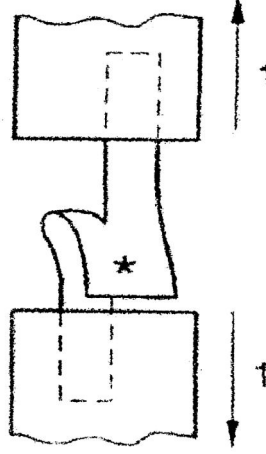
Kopma dayanımının belirlenmesi için TS EN ISO 13934-1 ‘‘ Tekstil-Kumaşların Gerilme Özellikleri-Bölüm1: En büyük Kuvvetin ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Tayini-Şerit Metodu’’ standardı esas alınmıştır [59].

Test için biri sabit halde, diğeri deney süresince sabit hızda hareket eden iki çeneye sahip UTEST çekme cihazı kullanılmıştır. Standartta belirtilen boyutlardaki (eni 50 mm ve boyu 200 mm) numune parçası sabit hızda kopuncaya kadar uzatılmıştır. En büyük kuvvet altındaki boyca uzama ve kopma kuvveti değeri kaydedilmiştir. Numuneler 4 adet atkı, 4 adet de çözümlü yönünde olacak şekilde hazırlanmıştır.

2.2.1.10 Yırtılma Dayanımının Belirlenmesi

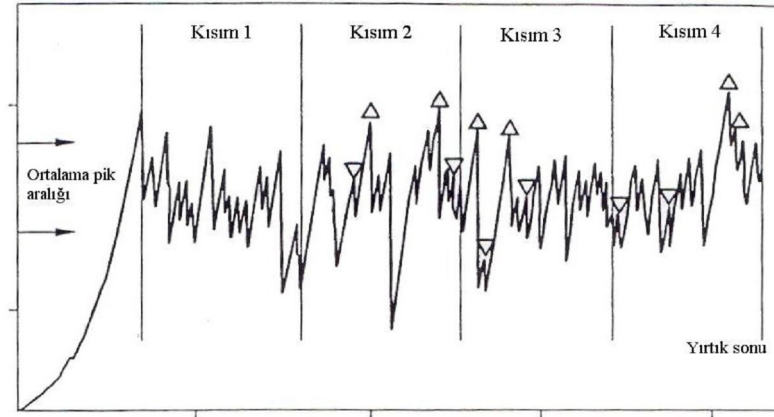
Yırtılma dayanımının belirlenmesi için TS EN ISO 13937-2 ‘‘ Tekstil Kumaşları Yırtılma Dayanımı Bölüm 2: Pantolon Şeklindeki deney Parçalarının Yırtılma Dayanımı

Tayini (Tek Yırtma Metodu)’’ esas alınmıştır [60]. Şekil 2.1’de pantolon biçiminde yırtılma dayanımı numunesi görülmektedir.



Şekil 2.1 Pantolon biçiminde yırtılma dayanımı numunesi [61]

Test için biri sabit halde, diğeri deney süresince sabit hızda hareket eden iki çeneye sahip UTEST çekme cihazı kullanılmıştır. Yırtılmanın başladığı noktadan itibaren numune üzerinde işaretli noktaya kadar yırtılma gerçekleştirilmiştir. Bu noktaya kadar atkı ve çözgü boyuna olmak üzere iki tipte hazırlanan numunelerden elde edilen grafik verileri Microsoft Excel programında değerlendirilmiştir. Veriler kullanılarak Şekil 2.2’de görülen grafik yeniden çizilmiş ve oluşan grafiğin ilk pik noktasına kadar olan kısmı değerlendirmeye tabi tutulmamak üzere verilerden çıkarılmıştır. Kalan kısım ise 4’e bölünerek 1. kısım olarak nitelenen kısım da değerlendirmeye tabi tutulmamıştır. Geriye kalan 3 kısım için 2’şer en yüksek ve 2’şer en düşük noktadaki değerler tespit edilerek bu değerlerin ortalaması alınmış ve bir tip kumaşın bir yöndeki bir adet numunesi için yırtılma mukavemeti bulunmuştur. Bu işlem her üç tip kumaşın atkı ve çözgü yönünde alınan 4’er adet numunesi için tekrarlanmıştır. Şekil 2.2’de yırtılma dayanımının hesaplanmasında kullanılan grafik gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Yırtılma dayanımı değerinin hesaplanması [61]

2.2.1.11 Kuru ve Yaş Sürtünmeye Karşı Renk Haslığının Belirlenmesi

2.2.1.11.1 Kuru Sürtünmeye Karşı Renk Haslığının Belirlenmesi

Kuru sürtünmeye karşı renk haslığının belirlenmesi için TS EN ISO 105-X12 numaralı standart esas alınmıştır [62]. Her bir kumaş için 5x14 cm ebatlarında 2 adet numune alınmış ve uzun kenarın çözgü yönünde olması tercih edilmiştir. Bu test için krokmetre kullanılmıştır. Kondüsyonlanmış test kumaşı krokmetreye test edilecek yüzeyi üste gelecek şekilde ve uzun kenarı (çözgü yönü) sürtme yönünde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Beyaz pamuklu bir sürtme kumaşı da, klips yardımıyla ve klipsin kolları yukarıya gelecek şekilde sürtme kolundaki parmağa yerleştirilmiştir. Sürtme kolu 9 N'luk yük uygular. 10 saniyede 10 defa gidip gelecek şekilde sürtme işlemi yapılır. Temiz sürtme kumaşları ile test sonucu elde edilen sürtme kumaşları arasındaki lekeleme farkı renk akması gri skala ile değerlendirilir. Bir adet kuru sürtme testi yapılır sürtme bezi yerinden çıkarılır, temiz bir yere bırakılıp test kumaşı yeniden alınır.

2.2.1.11.2 Yaş Sürtünmeye Karşı Renk Haslığının Belirlenmesi

Yaş sürtünmeye karşı renk haslığının belirlenmesi için yukarıda belirtilen basamaklardan beyaz pamuklu sürtme kumaşının yerleştirilmesinden önce sürtme kumaşı saf su ile %100 nemlendirilip sonra kurulama kağıdı arasında emdirilerek 65 ± 5 nem alacak şekilde kurutulup klips yardımıyla parmağa takılır, sürtme kumaşı ile sürtme yapılır. Test sonunda sürtme yapılan nemli sürtme kumaşı, oda sıcaklığında kurutulur.

Temiz sürtme kumaşları ile test sonucu elde edilen sürtme kumaşları arasındaki lekeleme farkı renk akması gri skala ile değerlendirilir.

2.3 İstatistiksel Değerlendirme

Tüm kumaş tiplerine uygulanan her bir deney sonucundan elde edilen veriler Microsoft Excel programında düzenlenmiş, grafik ve çizelgeler oluşturulmuştur. Numunelerin koyu renkte olanları için, aktarılan katı madde miktarının sabit tutulmuş olmasından dolayı metrekare ağırlık tayini, mekanik bir özelliğin renge bağlı olarak değişmeyeceği düşüncesiyle kopma ve yırtılma mukavemeti tayinlerinin yapılmasının bu numuneler için gerek arz etmeyeceği düşünülmüştür. Lekelendirme esnasında koyu renkli numune üzerinde leke gideriminin rahatça gzlenemeyeceğinin anlaşılması sonucu koyu renkli numuneler lekelendirilmemiş ve bu sebeple kendi kendini temizleme performansları değerlendirilmemiştir. Ayrıca numunelerin hammaddelerinin ve renklerinin, incelenen özelliklere etkisini belirlemek amacıyla SPSS 18 veri analizi paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır.

BÖLÜM 3

ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Kendi Kendini Temizleme Özelliği Ölçüm Bulguları

Çizelge 3.1’de numunelerin kendi kendini temizleme özellikleri değerlendirilmiş olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1 Kendi kendini temizleme özelliği

Kumaş Kodu	Kahve lekesi	Vişne lekesi	Mürekkep lekesi
CH	4-5	5	5
CB	4-5	3	5
CAS	3	4-5	4-5
CAK	4	4	4-5
CAM	4	3-4	4
CPH	4-5	5	5
CPB	4-5	3	5
CPAS	4	4	5
CPAK	4-5	4	4-5
CPAM	4-5	4-5	4-5
PCH	4	4-5	4-5
PCB	5	4-5	5
PCAS	4-5	4	4-5
PCAK	4	4-5	5
PCAM	4	4	4-5

3.2 UV Koruma Etkinliği Ölçüm Bulguları

Çizelge 3.2’de açık ve koyu renklerdeki tüm numunelerin UPF değerleri görölmektedir.

Çizelge 3.2 UPF değerleri

Kumaş Kodu	UPF değeri
CH	0
CPH	5
PCH	10
CB	50+
CPB	20
PCB	50+
CS	50+
CK	40
CM	50
CPS	25
CPK	20
CPM	30
PCS	50
PCK	35
PCM	50+
CAS	50+
CAK	50+
CAM	50+
CPAS	40
CPAK	35
CPAM	35
PCAS	40
PCAK	50+
PCAM	50+

3.3 Aktarılan Katı Madde Miktarı Ölçüm Bulguları

Boyama işlemine tabi tutulan tüm numunelere ait aktarılan katı madde miktarları değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Aktarılan katı madde miktarı

Kumaş Kodu	Kumaş metrekare ağırlık(g/m ²)	Aktarılan katı madde miktarı (%)
CH	110	-
CPH	100	-
PCH	120	-
CB	179,85	%63,5
CPB	167,85	%67,85
PCB	200,4	%67
CS	182,6	%66
CK	182,325	%65,75
CM	178,75	%62,5
CPS	164	%64
CPK	163,75	%63,75
CPM	165,95	%65,95
PCS	198,95	%65,75
PCK	199,8	%66,50
PCM	199,2	%66
CAS	183,15	%66,5
CAK	182,325	%65,75
CAM	182,6	%66
CPAS	165,85	%65,85
CPAK	166,65	%66,65
CPAM	168	%68
PCAS	195,3	%62,75
PCAK	199,8	%66,5
PCAM	200,1	%66,75

3.4 Kumaş Kalınlığı Ölçüm Bulguları

Boyama sonrasında elde edilen numunelerin kalınlık ölçüm sonuçları ve her kumaş tipine ait boyanmamış kumaşa göre kalınlık değişimleri Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4 Kalınlık ölçüm bulguları

Kumaş Kodu	Kalınlık Tayini Sonuçları (mm)	Kalınlık Tayini Değişimi (%)
CH	0,3	-
CPH	0,27	-
PCH	0,31	-
CB	0,32	6,66
CPB	0,28	3,7
PCB	0,32	3,22
CS	0,33	10
CK	0,34	13,33
CM	0,31	3,33
CPS	0,3	11,11
CPK	0,29	7,40
CPM	0,34	25,92
PCS	0,35	12,90
PCK	0,35	12,90
PCM	0,36	16,12
CAS	0,32	6,66
CAK	0,32	6,66
CAM	0,33	10
CPAS	0,3	11,11
CPAK	0,29	7,40
CPAM	0,34	25,92
PCAS	0,3	-3,22
PCAK	0,34	9,67
PCAM	0,34	9,67

3.5 Hava Geçirgenliği Ölçüm Bulguları

Boyama sonrasında elde edilen numunelerin kalınlık ölçüm sonuçları ve her kumaş tipine ait boyanmamış kumaşa göre kalınlık değişimleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5 Hava geçirgenliği ölçüm bulguları

Kumaş Kodu	Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları (mm/s)	Hava Geçirgenliği Değişimi (%)
CH	529	-
CPH	662,5	-
PCH	312	-
CB	131	-75,23
CPB	283,75	-57,16
PCB	89,25	-71,39
CS	67,25	-87,28
CK	115,95	-78,08
CM	136,25	-74,24
CPS	239,75	-63,81
CPK	311,4	-52,99
CPM	269,75	-59,28
PCS	76,7	-75,41
PCK	128	-58,97
PCM	131	-58,01
CAS	72,2	-86,35
CAK	67,2	-87,29
CAM	70,325	-86,70
CPAS	209,75	-68,33
CPAK	261,5	-60,52
CPAM	255,25	-61,47
PCAS	75,8	-75,70
PCAK	112,9	-63,81
PCAM	60,75	-80,52

3.6 Kopma Dayanımı Ölçüm Bulguları

Kopma dayanımına renk faktörünün etkisi olmayacağı düşüncesiyle bu parametre boyanmamış, beyaz, açık sarı, açık kırmızı ve açık mavi renkli numuneleri için test edilmiştir. Her bir kumaş tipinin boyanmamış haldeki kopma dayanımına göre yüzde değişimleri ile birlikte Çizelge 3.6'da verilmiş olup, Çizelge 3.7 ise aynı numunelerin kopma uzama değerlerini belirtmektedir.

Çizelge 3.6 Kopma dayanımı değerleri

Kumaş Kodu	Kopma Dayanımı Atkı Yönü Ölçüm Sonuçları (N)	Kopma Dayanımı Atkı Yönü Değişimi (%)	Kopma Dayanımı Çözümlü Yönü Ölçüm Sonuçları (N)	Kopma Dayanımı Çözümlü Yönü Değişimi (%)
CH	182,275	-	191,134	-
CPH	175,047	-	405,304	-
PCH	210,166	-	484,415	-
CB	209,791	15,09	299,49	56,69
CPB	317,679	81,48	521,019	28,55
PCB	299,49	42,50	595,756	22,98
CAS	287,918	57,95	300,152	57,03
CAK	257,172	41,09	305,251	59,70
CAM	175,451	-3,74	309,198	61,77
CPAS	253,979	45,09	595,182	46,84
CPAK	250,959	43,36	486,499	20,03
CPAM	323,856	85,01	495,499	22,25
PCAS	386,569	83,93	586,946	21,16
PCAK	447,798	113,06	655,879	35,39
PCAM	292,077	38,97	555,988	14,77

Çizelge 3.7 Kopma uzaması değerleri

Kumaş Kodu	Kopma Uzaması Atkı Yönü Ölçüm Sonuçları (%)	Kopma Uzaması Atkı Yönü Değişimi (%)	Kopma Uzaması Çözümlü Yönü Ölçüm Sonuçları (N)	Kopma Uzaması Çözümlü Yönü Değişimi (%)
CH	24,45	-	16,39	-
CPH	13,20	-	24,40	-
PCH	38,412	-	15,04	-
CB	29,714	21,52	14,30	-12,75
CPB	16,319	23,62	29,80	22,13
PCB	48,798	27,03	18,51	23,07
CAS	26,613	8,84	8,41	-48,68
CAK	33,201	35,79	13,34	-18,60
CAM	25,081	2,58	10,19	37,82
CPAS	10,719	-18,79	26,01	6,59
CPAK	17,783	34,71	28,78	17,95
CPAM	14,765	11,85	23,48	-3,77
PCAS	35,252	-8,22	13,72	-8,77
PCAK	43,391	12,96	17,62	17,15
PCAM	30,974	-19,36	14,38	-4,38

3.7 Yırtılma Dayanımı Ölçüm Bulguları

Yırtılma dayanımı ölçüm bulguları ve boyanmamış kumaşa göre değişimleri çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Yırtılma dayanımı ölçüm bulguları

Kumaş Kodu	Yırtılma dayanımı Atkı Boyuna Ölçüm Sonuçları (N)	Yırtılma Dayanımı Atkı Yönü Değişimi (%)	Yırtılma dayanımı Çözümlü Boyuna Ölçüm Sonuçları (N)	Yırtılma Dayanımı Çözümlü Yönü Değişimi (%)
CH	5,735	-	5,729	-
CPH	10,696	-	17,398	-
PCH	14,571	-	13,653	-
CB	4,013	-30,02	5,333	-6,91
CPB	6,074	-43,21	8,483	-51,24
PCB	5,854	-59,82	9,132	-33,11
CAS	3,830	-33,21	5	-12,72
CAK	4,106	-28,40	5,230	-8,71
CAM	4,156	-27,53	5,323	-7,08
CPAS	6,311	-40,99	8,577	-50,70
CPAK	6,061	-43,33	8,011	-53,95
CPAM	6,509	-39,14	8,792	-49,46
PCAS	7,149	-57,79	9,730	-28,73
PCAK	5,401	-62,93	8,985	-34,19
PCAM	4,845	-66,74	8,556	-37,33

3.8 Kuru ve Yaş sürtünme Haslıkları Ölçüm Bulguları

Açık sarı, açık kırmızı ve açık mavi renklerdeki numunelerin kuru ve yaş sürtünme haslıkları Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Kuru ve yaş sürtünme haslıkları

Kumaş Kodu	Kuru Sürtünme Hashk Değeri	Yaş Sürtünme Hashk Değeri
CAS	5	4
CAK	4-5	4-5
CAM	5	4-5
CPAS	5	4-5
CPAK	4-5	4
CPAM	5	4-5
PCAS	5	5
PCAK	5	4
PCAM	4-5	4-5

BÖLÜM 4

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Kendi Kendini Temizleme Özelliği

Kumaşların kendi kendini temizleme özelliğinin değerlendirilmesi için gri skala kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 2.2.1.1). Çizelge 3.1’de değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.1 incelendiğinde kahve ve vişne lekelerinin kumaş rengi ya da hammaddesine göre bir sınıflandırma yapılmaksızın gözle görülür derecede giderilmiş olduğu, mürekkep lekelerinin ise kumaşların hemen hemen yarısında fark edilir derecede giderildiği görülmüş ancak bu durum kahve ve vişne lekelerindeki kadar belirgin olarak ve tüm kumaşlarda kendini göstermemiştir. Bu durumun mürekkebin içerebileceği inorganik maddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2 UV Koruma Etkinliği

Çizelge 3.2’de boyanmış ve boyanmamış kumaşların UV koruma değerleri bu değerlere karşılık gelen ifadelerle verilmiştir.

Çizelge 3.2 incelendiğinde, % 100 pamuklu olan C kodlu kumaşın boyanmamış halinde UV koruması 0 çıkarken, sıklık değeri bu kumaşa göre daha az olan fakat %35 oranında PES içeren CP kodlu kumaşın UV koruma değeri 5 çıkmıştır. Literatürde doğal ve yapay liflerin UV koruması arasında kesin bir kıyaslamaya rastlanmazken pamuğun UV korumasının en zayıf olduğu bilinmekte ve yapay liflerin elde edilişi sırasında matlaştırılmasında kullanılan bazı kimyasalların UV absorblayıcı nitelikte olduğu bilgisine rastlanmaktadır [25]. PC kodlu, %60 PES içeren ve aynı zamanda sıklığı en yüksek olan kumaşın boyanmamış haldeki UV koruma değeri ise 10 çıkmıştır. Renkli numuneler arasında belirgin bir kıyaslama yapılamazken en gevşek yapılı CP kodlu kumaşın farklı renklerdeki UV koruma değerleri diğer kumaşlara göre az da olsa düşük çıkmıştır.

Kumaşlar boyanırken UV koruması ve kendi kendini temizleme özelliklerinin incelenmesinde farklılık yaratıp yaratmadığını belirlemek amacıyla renk varyasyonları uygulanmıştır.

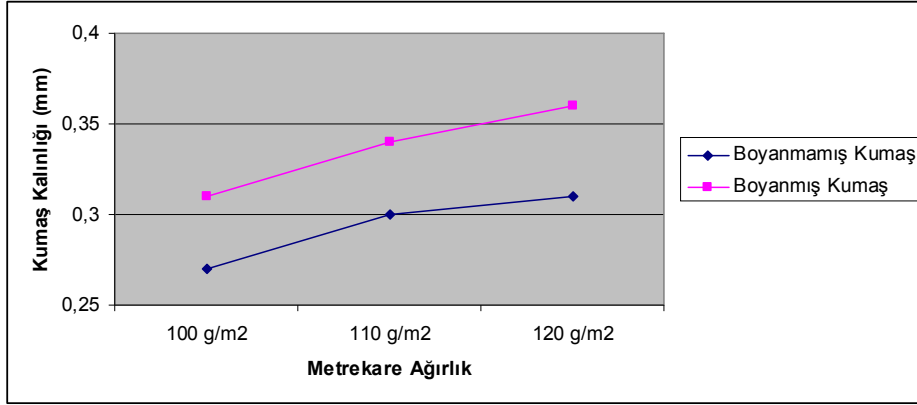
Kalınlık, hava geçirgenliği, atkı ve çözgü yönü kopma dayanımı, atkı ve çözgü yönü kopma uzaması, yırtılma dayanımı ölçüm sonuçlarının, boyanmış ve boyanmamış kumaşlar arasındaki % (yüzde) değişimlerinin renge bağlı istatistiksel analizi yapıldığında atkı yönü kopma uzaması haricindeki tüm ölçümler için, boyama sonrasında bu ölçümlerde meydana gelen değişimlerin farklı renklerde boyanmış numuneler arasında, %95 güven renge bağlı olmadığı görülmüştür. Bu nedenle sözü geçen performans testleri için boyanmış kumaşların yalnız bir tanesi seçilerek grafikler oluşturulmuştur. Bu analizle ilgili sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 İstatistiksel analiz

Varyans kaynağı (Boyama sonrası % değişimler)	F	P
Kalınlık	1,650	0,206
Hava geçirgenliği	0,735	0,630
Atkı yönü kopma dayanımı	0,358	0,785
Çözgü yönü kopma dayanımı	0,096	0,960
Atkı yönü kopma uzaması	5,788	0,021
Çözgü yönü kopma uzaması	0,908	0,479
Atkı boyuna yırtılma dayanımı	0,001	1,000
Çözgü boyuna yırtılma dayanımı	0,004	1,000

4.3 Kumaş Kalınlığı

Kumaşların kalınlıkları boyama işlemi sonrasında beklendiği gibi artış göstermiştir. Bu artışlar kumaşların metrekare ağırlıkları ile ilişkilendirilmiş olarak Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Kumaşların metrekare ağırlıklarına göre kalınlıkları

Çizelge 4.2’de farklı metrekare ağırlıklara sahip kumaşların kalınlık varyans analizi sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre kumaşların metrekare ağırlıkları kumaş kalınlığı üzerinde %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahiptir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.2 Kumaşların metrekare ağırlıkları ile kalınlık ölçüm sonuçlarının varyans analizi

Metrekare Ağırlık (I)	Metrekare Ağırlık (J)	Ortalama Farklılığı (I-J)	Std.Sapma	Sig.
110g	100g	0,022*	0,006	0,001
110g	120g	-0,012*	0,006	0,048
120g	100g	0,034*	0,006	0,000

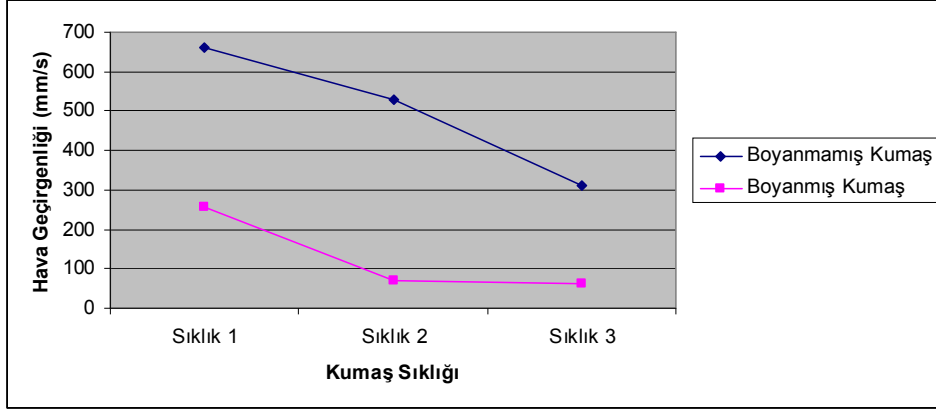
Çizelge 4.3’te metrekare ağırlığın kumaş kalınlığı üzerindeki etkisinin varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre metrekare ağırlık kumaşların boyama işlemi sonrasındaki kalınlığı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahiptir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3 Metrekare ağırlığın kalınlığa etkisinin varyans analizi

Varyans kaynağı	F	P
Metrekare Ağırlık	15,618	0,000

4.4 Hava Geçirgenliği

Şekil 4.2’de boyama işlemi sonrasında kumaşların hava geçirgenliğinde meydana gelen değişimin kumaş sıklığıyla ilişkisini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.2 Kumaş sıklığı ve hava geçirgenliği arasındaki ilişki

Şekil 4.2’de kullanılan sıklık 1, sıklık 2 ve sıklık 3 ifadelerinin karşılıkları Çizelge 4.4’te verilmiştir. Bu ifadeler kullanılırken kumaştaki atkı ve çözgü sıklığı beraber düşünülmüştür.

Çizelge 4.4 Sıklık kavramlarının karşılıkları

Sıklık	Atkı sıklığı (tel/cm)	Çözgü sıklığı (tel/cm)	Metrekare Ağırlık(g/m ²)
Sıklık 1	21	30	100
Sıklık 2	26	30	110
Sıklık 3	25	38	120

Şekil 4.2’deki grafikte görüldüğü üzere en düşük sıklığa sahip kumaşın boyanmamış ve boyanmış hallerinin hava geçirgenliği en yüksek değerlerde çıkmıştır. Bununla beraber boyanmamış kumaş için bakıldığında sıklık ve kumaşın hava geçirgenliği arasındaki ters orantı rahatlıkla görülmektedir.

Çizelge 4.5'te kumaş sıklığının kumaşın hava geçirgenliği üzerinde %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu gösterilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.5 Kumaş sıklığının hava geçirgenliğine etkisinin varyans analizi

Varyans kaynağı	F	P
Kumaş Sıklığı	20,772	0,000

4.5 Kuru ve Yaş Sürtünme Haslıkları

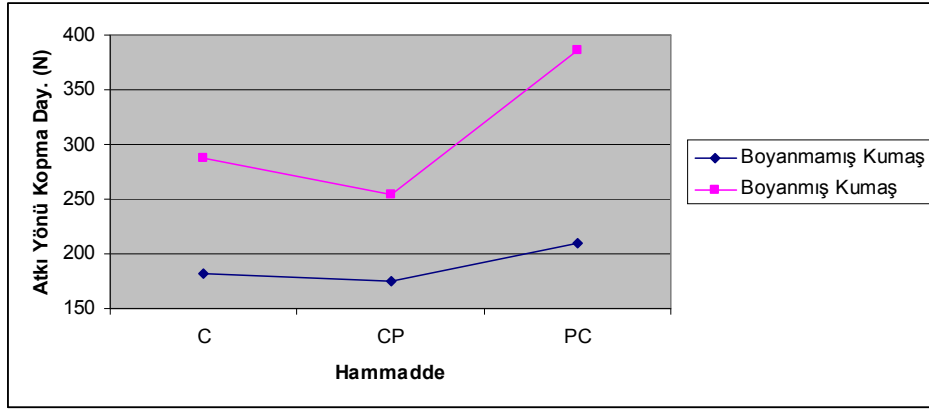
Boylanmış kumaşların kuru ve yaş sürtünme haslıkları incelendiğinde renk ve hammaddeden bağımsız olarak hemen hemen tüm kumaşlar için kuru sürtünme haslığı değerleri yaş sürtünme haslığı değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. (Bkz. Bölüm 3, Çizelge 3.9)

4.6 Kopma dayanımı

4.6.1 Atkı Yönü Kopma Dayanımı

Boyama işlemi sonucunda kumaşların atkı ve çözgü yönlerindeki kopma dayanımı değerlerinde artış gözlenmiştir. Boyarmadde kumaşa nüfuz ederek atkı ve çözgü ipliklerinin hareketini kısıtlayıp kumaşın bir bütün olarak davranmasına ve kumaş içerisindeki ipliklerin aynı anda kopmasına neden olmuştur. Bu da kumaşın kopma yükünü artırmıştır.

Şekil 4.3'te hammadde tipine göre kumaşların atkı yönündeki kopma dayanımında meydana gelen değişim grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Kumaşların atkı yönündeki kopma dayanımı

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere boyanmamış C (%100 pamuk) ve CP (%35 PES-Çözümlü) kodlu kumaşların atkı yönündeki kopma dayanımları arasında önemli bir fark görülmemekle beraber yine boyanmamış kumaş için PC (%40 Pamuk-%60 PES, harman karışım) koduyla verilen kumaşta atkı yönündeki kopma dayanımında beklediği gibi C ve CP kodlu kumaşlara göre bir artış gözlenmiştir. Kumaşların boyanmasından sonra da boyanmamış hallerine göre artmak suretiyle bu durum geçerliliğini korumuştur.

Çizelge 4.6'da farklı hammadde oranına sahip kumaşların ikili karşılaştırmalı olarak varyans analizi sonuçları verilmiş olup bu sonuçlara göre her bir kumaş tipinin diğeriyle atkı yönündeki kopma dayanımı açısından arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

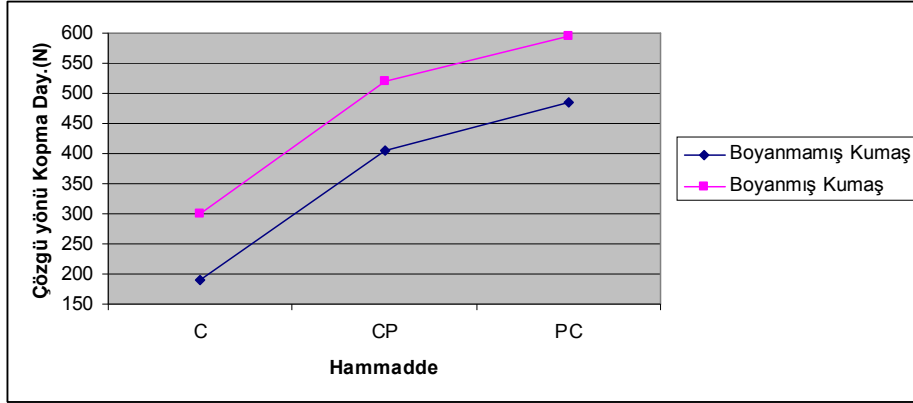
Çizelge 4.6 Hammaddeler arası atkı yönü kopma dayanımı varyans analizi

Hammadde (I)	Hammadde (J)	Ortalama Farklılığı (I-J)	Std.Sapma	Sig.
C	CP	-41,763*	16,035	0,012
C	PC	-104,699*	16,035	0,00
CP	PC	-62,936*	16,035	0,00

4.6.2 Çözü Yönu Kopma Dayanımı

Boyama işlemlerinde sonucunda kumaşların atkı yönu kopma dayanımında meydana gelen etki çözü yönu kopma dayanımları için de geçerli olmuştur.

Şekil 4.4'te kumaşların çözü yönu kopma dayanımının hammadde ile ilişkilendirildiği grafik gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Kumaşların çözü yönu kopma dayanımı

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere boyanmamış kumaşlar için çözü yönündeki kopma dayanımında en yüksek değer PC (%40 Pamuk-%60 PES, harman karışım) kodlu kumaşta gözlenmiş ve çözü iplikleri tamamen PES olan CP (%35 PES-Çözü) ikinci sırada gelirken beklendiği gibi %100 pamuklu kumaşın çözü yönu kopma dayanımı değeri en düşük olmuştur. Bu durum PC (%40 Pamuk-%60 PES, harman karışım) kodlu kumaşın çözü sıklığının diğer iki tip kumaşa göre %21,05 oranında fazla olmasıyla açıklanmıştır. Boyanmış kumaşlar için de ölçüm sonuçlarında artış olması suretiyle benzer eğilim gözlenmiştir.

Çizelge 4.7'de çözü yönündeki kopma dayanımının hammadde varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre farklı hammadde oranındaki 3 kumaş tipinin ikili karşılaştırmalarında çözü yönündeki kopma dayanımı istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.7 Hammaddeler arası çözgü yönü kopma dayanımı varyans analizi

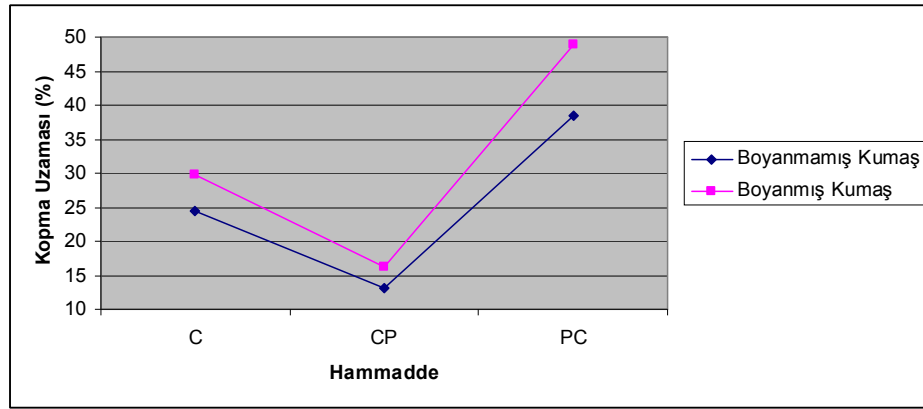
Hammadde (I)	Hammadde (J)	Ortalama Farklılığı (I-J)	Std.Sapma	Sig.
C	CP	-219,656*	22,272	0,00
C	PC	-294,752*	22,272	0,00
CP	PC	-75,096*	22,272	0,02

4.7 Kopma Uzaması

Boyama işlemi sonrasında kumaşların kopma uzamasında meydana gelen değişiklik atkı ve çözgü yönünde olmak üzere iki şekilde incelenmiştir.

4.7.1 Atkı Yönü Kopma Uzaması

Şekil 4.5’de kumaşların atkı yönü uzamasının hammadde ile ilişkilendirildiği grafik gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Kumaşların atkı yönü kopma uzaması

Şekil 4.5’te görüldüğü üzere, boyanmamış kumaşlar için PC (%40 Pamuk-%60 PES, harman karışım) kodlu kumaşa ait atkı yönü kopma uzaması değerleri beklendiği gibi C (%100 Pamuk) ve CP (%35 PES-Çözgü) kodlu kumaşlarinkine göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum PC kodlu kumaşın harman karışım olmak üzere % 60 oranında PES içermesiyle açıklanmıştır. C kodlu kumaşa ait atkı yönü kopma uzaması değerleri CP kodlu kumaşınkilere göre daha yüksek çıkmıştır. C kodlu kumaşın atkı ipliklerinin CP kodlu kumaşınkilere göre daha ince olmasına karşın, C kodlu kumaşta atkı sıklığının fazla

olmasının hem kopma dayanımına hem de kopma uzamasına olumlu etki yaptığı düşünülmektedir.

Boyanmış kumaşlar için de ölçüm sonuçları yükselmiş olmakla beraber aynı eğilim söz konusudur.

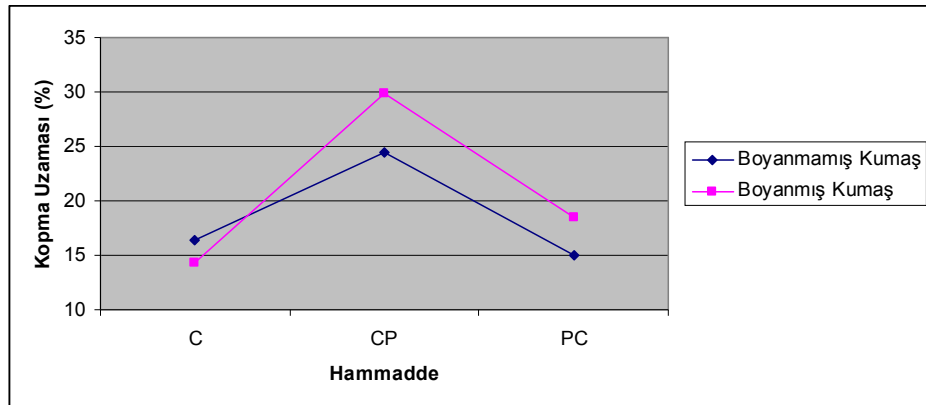
Çizelge 4.8’de atkı yönündeki kopma uzamasının hammadde varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre farklı hammadde oranındaki 3 kumaş tipinin ikili karşılaştırmalarında atkı yönündeki kopma uzaması istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.8 Hammaddeler arası atkı yönü kopma uzaması varyans analizi

Hammadde (I)	Hammadde (J)	Ortalama Farklılığı (I-J)	Std.Sapma	Sig.
C	CP	13,256*	1,406	0,000
C	PC	-11,700*	1,406	0,000
CP	PC	-24,956*	1,406	0,000

4.7.2 Çözümlü Yönü Kopma Uzaması

Şekil 4.6’da kumaşların çözgü yönü kopma uzamasının hammadde ile ilişkilendirildiği grafik gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Kumaşların çözgü yönü kopma uzaması

Şekil 4.6 incelendiğinde beklendiği gibi en yüksek çözgü yönü kopma uzaması değerleri CP (%35 PES-Çözgü) kodlu kumaşta görülmüştür. C ve PC kodlu kumaşlar

arasında ise PC kodlu kumaşın çözgü yönü kopma mukavemeti değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum söz konusu kumaşın çözgü sıklığının daha yüksek olmasıyla ve harman karışım olmak üzere %60 oranında PES içermesiyle açıklanmıştır. Boyama işlemi sonrasında da aynı eğilim gözlenmiştir.

Çizelge 4.9'da atkı yönündeki kopma uzamasının hammadde varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre farklı hammadde oranındaki 3 kumaş tipinin ikili karşılaştırmalarında atkı yönündeki kopma uzaması istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.9 Hammaddeler arası çözgü yönü kopma uzaması varyans analizi

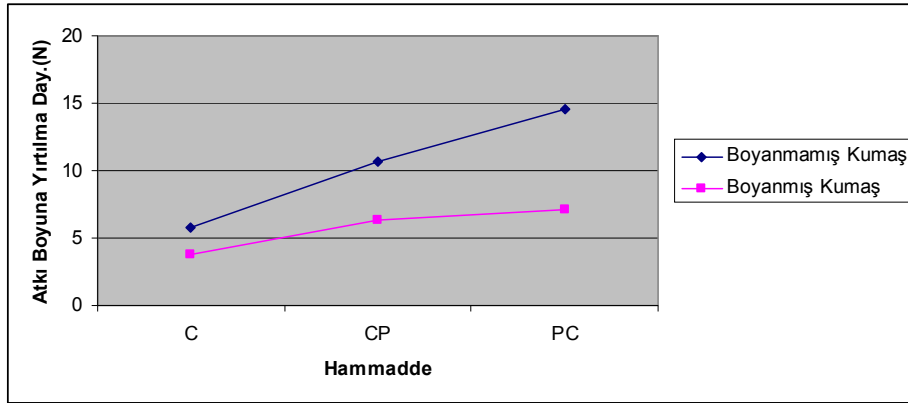
Hammadde (I)	Hammadde (J)	Ortalama Farklılığı (I-J)	Std.Sapma	Sig.
C	CP	-14,011*	1,327	0,000
C	PC	-3,372*	1,327	0,014
CP	PC	10,639*	1,327	0,000

4.8 Yırtılma Dayanımı

Kumaşların yırtılma dayanımları atkı ve çözgü boyuna olmak üzere iki şekilde incelenmiştir.

4.8.1 Atkı Boyuna Yırtılma Dayanımı

Boyama işlemi sonrasında kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma dayanımı değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Binderle beraber kullanılan pigment boyarmaddenin yapıştırıcı etkisiyle beraber, boyarmadde kumaşa nüfuz ettiğinde atkı ve çözgü ipliklerinin hareket kabiliyeti azalır ve kumaş içerisindeki ipliklerin bir araya gelmesi önlenmiş olur. Bu da yırtılma dayanımının düşmesine sebep olur. Şekil 4.7'de kumaşların atkı boyuna yırtılma dayanımının hammaddeye göre değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.7 Kumaşların atkı boyuna yırtılma dayanımı

Kumaşların atkı boyuna yırtılma dayanımında boyanmamış kumaşlar için en düşük değer C kodlu %100 pamuklu olanda görülmüş olup CP (%35 PES-Çözgü) kodlu boyanmamış kumaşın atkı boyuna yırtılma dayanımı değeri daha yüksek çıkmıştır. Boyanmamış kumaşın atkı boyuna yırtılma dayanımı en yüksek PC (%40 Pamuk-%60 PES, harman karışım) kodlu kumaşta gözlenmiştir. Boyanmış kumaşların atkı boyuna çözgü dayanım değerleri düşmüştür.

Çizelge 4.10'da atkı boyuna yırtılma dayanımının hammaddeler arası varyans analizi sonuçları verilmiştir. %95 güven seviyesi için C ve CP kodlu kumaşlara ait yırtılma dayanımı değerleri arasında, C ve PC kodlu kumaşlara ait atkı bouna yırtılma dayanımı değerleri arasında istatistiksel önemli farka rastlanırken ($p < 0.05$), CP ve PC kodlu kumaşlara ait atkı boyuna yırtılma dayanımı değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsizdir ($p > 0.05$).

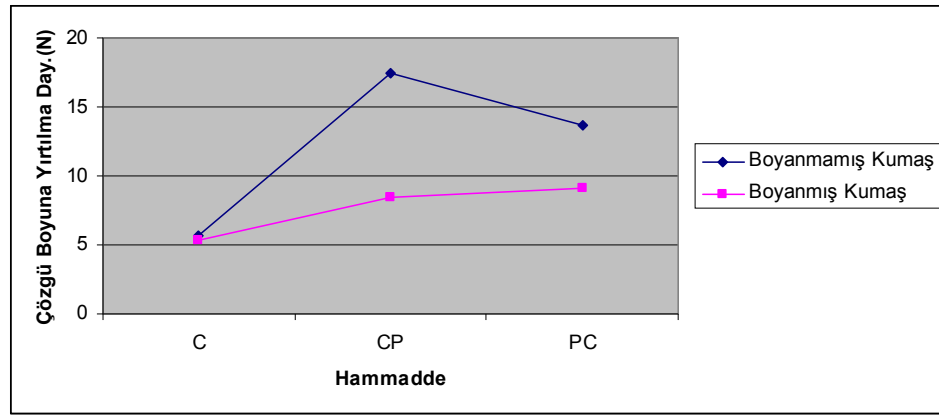
Çizelge 4.10 Hammaddeler arası atkı boyuna yırtılma dayanımı varyans analizi

Hammadde (I)	Hammadde (J)	Ortalama Farklılığı (I-J)	Std.Sapma	Sig.
C	CP	-2,762*	0,219	0,00
C	PC	-3,196*	0,219	0,00
CP	PC	-0,434*	0,219	0,054

4.8.2 Çözgü Boyuna Yırtılma Dayanımı

Boyama işlemi sonrasında kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma dayanımı değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Boyarmadde kumaşa nüfuz ettiğinde atkı ve çözgü ipliklerinin hareket kabiliyeti azalır ve kumaş içerisindeki ipliklerin bir araya gelmesi önlenmiş olur. Bu da yırtılma dayanımının düşmesine sebep olur.

Şekil 4.8’de kumaşların çözgü boyuna yırtılma dayanımının hammaddeye göre değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.8 Kumaşların çözgü boyuna yırtılma dayanımı

Şekil 4.8’de kumaşların çözgü boyuna yırtılma dayanımının boyama işlemi sonrası hammaddeye göre değişimine ait grafik gösterilmiştir. Grafiğe göre boyanmamış kumaş için en yüksek çözgü boyuna yırtılma mukavemeti değeri CP (%35 PES-Çözgü) kodlu kumaşta görülürken ikinci sırada PC (%40 Pamuk-%60 PES, harman karışım) kodlu kumaş gelmektedir. En düşük çözgü boyuna yırtılma mukavemetine sahip kumaş ise C (%100 pamuk) kodlu kumaş olmuştur. Boyanmış kumaşlarda ise yine benzer eğilim gözlenmiştir.

Çizelge 4.11’de çözgü yönündeki yırtılma dayanımının hammadde varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre farklı hammadde oranındaki 3 kumaş tipinin ikili karşılaştırmalarında çözgü yönündeki yırtılma dayanımı C ve CP kodlu kumaşlar arasında, yine C ve PC kodlu kumaşlar arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunurken CP ve PC kodlu kumaşların arasında istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.11 Hammaddeler arası çözümlü boyuna yırtılma dayanımı varyans analizi

Hammadde (I)	Hammadde (J)	Ortalama Farklılığı (I-J)	Std.Sapma	Sig.
C	CP	-4,494*	0,335	0,00
C	PC	-4,688*	0,335	0,00
CP	PC	-0,194*	0,335	0,566

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada teknolojik imkanların gelişmesine bağlı olarak tekstil sektöründe yaşanan ve yaşanması muhtemel olan yeniliklerle ilgili bilgiler verilmiştir. Nanoteknolojinin tanımı yapılarak tekstil yüzeylerine aktarılan ve böylece yüzeylerin farklı teknik özellikler kazanmasını sağlayan nano parçacıklardan söz edilmiştir. Bu özelliklerden son yıllarda araştırmacıların büyük ilgi gösterdiği nano-TiO₂ sayesinde ışık etkisi ile kendi kendini temizleme prensibi detaylı olarak açıklanmıştır. TiO₂'nin aynı zamanda UV absorblayıcı bir madde olmasından yola çıkılarak UV ve UV koruma kavramları üzerinde durulmuştur. Kendi kendini temizleme özelliğine sahip boyarmaddelerin tekstil yüzeylerine aktarılarak hem insan hayatını kolaylaştırmak hem de azalan enerji kaynakları göz önünde tutulduğunda çevreye ve temizlik maliyetlerinin düşürülmesine katkıda bulunabilmek amacıyla piyasadan 3 farklı tipte dokuma kumaş temin edilmiştir. Öncelikle kumaşların fiziksel analizi ve hammadde tayini yapılmıştır. Bu kumaşlara fulardda emdirme yöntemiyle, nano -TiO₂ içeren boyarmaddeler, beyaz, 3 ana ve bu 3 ana renge beyaz eklenerek açık tonlarında olmak üzere aktarılmıştır. Boyanmış kumaşların TiO₂ içerdiğinin ve hangi fazda olduğunun tespiti için XRD analizi yapılmıştır. Kumaşların kendi kendini temizleme özelliğinin tespit edilebilmesi için hazır kahve, vişne suyu ve mürekkep lekeleri seçilerek lekeler, leke gideriminin rahat gözlemlenebilmesi için yalnızca beyaz boyanmış kumaşlara birer damla olacak şekilde uygulanmıştır. Deneysel çalışmada numunelere standartlara uygun olarak boyama sonrası kalınlık, metrekare ağırlık, hava geçirgenliği, kopma dayanımı ve uzaması, yırtılma dayanımı, kuru ve yaş sürtünme haslığı, UV korumasının belirlenmesi ve kendi kendini temizleme özelliğinin belirlenmesi için testler uygulanmıştır.

Kendi kendini temizleme özelliği değerlendirildiğinde kahve, vişne ve mürekkep lekeleri için en çok leke giderimi kahve ve vişne lekeleri için gerçekleşmiştir. Mürekkep lekeleri içinse mürekkebin içerebileceği inorganik gruplar leke gideriminin az olmasına neden olmuş olabilir.

UV koruması değerlendirildiğinde hammadde ve sıklık parametreleri üzerinde durulmuş, renk faktörünün etkisi belirgin olarak gözlemlenmemiştir. Hemen hemen tüm numunelerin UV koruma değerleri ‘oldukça iyi’ ve ‘mükemmel’ olarak gözlenirken daha önceki çalışmalarla benzer şekilde en gevşek yapılı kumaşta ‘iyi’ değerine de rastlanmıştır [22-25].

2544: 1967 numaralı standarda göre yapılan, kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları incelendiğinde boyama işlemi sonucunda kumaşların kalınlıklarında başlangıçtaki metrekare ağırlıklarıyla orantılı olarak artış gözlenmiştir. Metrekare ağırlığının boyama sonrası kumaş kalınlığına etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Kumaşların hava geçirgenliği TS 391 EN ISO 9237 numaralı standart esas alınarak ölçülmüştür. Hava geçirgenliği kumaşların atkı ve çözgü yönündeki toplam sıklıklarıyla ilişkilendirildiğinde, başlangıçta ve boyama işlemi sonrasında toplam kumaş sıklığına bağlı olarak kumaşların hava geçirgenliğinde azalma gözlenmiştir. Kumaş sıklığının kumaşın hava geçirgenliği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Kuru ve yaş sürtünmeye karşı renk haslığının belirlenmesi için TS EN ISO 105-X12 numaralı standart esas alınmıştır. Boyanmış numunelerin renk ve hammaddelerinden bağımsız olarak kumaşların kuru sürtünme haslığı değerlerinin yaş sürtünme haslığı değerlerine göre bir nebze daha iyi olduğu görülmüştür.

TS EN ISO 13934-1 standardına göre yapılan kopma dayanımı ve uzaması testi kumaşların atkı ve çözgü yönleri için yapılmıştır. Boyama işlemi sonrasında kumaşların atkı ve çözgü yönlerindeki kopma dayanımı değerlerinde hammadde ile bağlantılı olarak artış gözlenmiştir. Kopma uzaması ise maksimum kopma yükü anındaki uzama olduğundan kopma dayanımı değerlerini etkileyen sıklık ve iplik numarası, hammadde gibi faktörlerle açıklanabilmektedir. Farklı hammadde oranındaki 3 kumaş tipinin ikili karşılaştırmalarında atkı ve çözgü yönündeki kopma uzaması istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

TS EN ISO 13937-2 numaralı standarda göre yapılan yırtılma dayanımı testi kumaşlara atkı boyuna ve çözgü boyuna olmak üzere iki şekilde de uygulanmıştır. Atkı ve

Çözgü boyuna yırtılma dayanımı ölçüm sonuçları boyama işlemi sonrasında düşüş gösterirken, boyanmış ve boyanmamış kumaşlar arasında hammadde ve atkı ya da çözgü sıklığı ile ilişkili olarak benzer eğilim gözlenmiştir.

Bu alışma kapsamında özellikle dış mekanlarda kullanılması hedeflenen tekstil yüzeylere nano-TiO₂ içeren boyarmaddeler aktarılmıştır. Bu şekilde oluşturulan numunelerde yukarda sözü geçen performans testleri uygulanmıştır. İlerde yapılacak çalışmalarda daha farklı amaçlar için kullanılabilen tekstil yüzeylerinde literatürde geçen şeffaf TiO₂ film tabakası oluşturmakla beraber böyle bir tabakanın, yüzeyin boyanma işlemi sırasında oluşturulması gerçekleştirilebilir. Oluşturulan yüzeyin güneş ışığına ya da güneş simülatörü, UV lambası gibi bir kaynağı maruz kalması sonucu kumaşın mukavemet değerleri incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Balcı, H., 2006, ‘Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve performans Özellikleri’, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, ADANA
2. Uçar, S., 2006, ‘Teknik/Akıllı Tekstiller ve Tasarımda Kullanımları’,Yüksek Lisans Tezi, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal BilimlerEnstitüsü* Tekstil ve Moda Tasarımı Ana Sanat Dalı, İSTANBUL
3. www.nanoturk.com (Mart 2011)
4. Kayır, Y.Z., Baççıl, E.G., ‘Nanoteknoloji Nedir?’, *15. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi*, 11-13 Kasım 2010, İSTANBUL
5. www.drctiner.com (Mart 2011)
6. Bozkaya, Y., *Anadolu Üniversitesi İleri Teknolojiler Araştırma Birimi* ,2006
7. Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N., ‘Lotus Etkili Yüzeyler’, Tekstil ve Konfeksiyon, 1/2006
8. Carp, O., Huisman, C.L.,Reller R, A., ‘Photoinduced Reactivity of Titanium Dioxide’, *Solid State Chemistry*, 32, 33–177,2004
9. Şam, E.D., Ürgen, M., Tepehan, F.Z., *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa- İstanbul,2007
10. Fujishima, A.,Zhang, X., Tryk, D.A., TiO₂ ‘Photocatalysis and Related Surface Phenomena’, *Surface Science Reports* 63,515-582,2008
11. Bilim ve Teknik Dergisi, Nisan 2007
12. Bharat, B., Yong, C.J., ‘Natural and Biomimetic Artificial Surfaces for Superhydrophobicity, Self-cleaning, Low Adhesion, and Drag Reduction, *Progress in Materials Science*, 56 ,1–108,2011

13. Tike, B., 2007, ‘‘Titanium Dioksit Süspansiyon ve İnce Filmleri ile Bakteriye Giderim’’, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Bölümü, SİVAS*
14. Diler, E.,2010, ‘‘Sulu Ortamda Bulunan Azo Boyarmaddelerinin Fotokatalitik Oksidasyon yöntemi ile Parçalanması ve Kinetik Parametrelerinin Belirlenmesi’’ *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, ADANA*
15. Sayılkan, F., 2007, ‘‘Nano TiO₂ Fotokatalizör Sentezi ve Fotokatalitik Aktivitesinin Belirlenmesi’’Doktora Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilimdalı, MALATYA*
16. Gökgöz, E.E.,2010, ‘‘Renklendirilmiş Organik- TiO₂ ile Kaplanmış Camların Yapısal, Optik ve Elektriksel Özelliklerinin İncelenmesi’’, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilimdalı, ISPARTA*
17. Saravanan, D., ‘‘UV Protection Textile Materials’’, *AUTEX Research Journal*, Vol. 7: 53-62, 2007
18. Zehral, Y., Haticel, İ., Hüseyin, S., ‘‘Su Arıtımında Nanopor Titanium Dioksitin Fotokatalitik/Fotoelektrokatalitik Proseslerinde Kullanılması’’7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi 24-27 Ekim 2007, İZMİR*
19. Namwamba, G.W.,Naarani, V.K., Rouge, B., Thrower, D.S., ‘‘Improving UV Protection of Cotton Fabrics Through Digital Textile Printing’’ *2010 Beltwide Cotton Conferences*, New Orleans, Louisiana, January 4-7,2010
20. Akaydın, M., ‘‘Research of UV Permeability Properties of Basic Weft Knitted Structures’’, *Scientific Research and Essays* Vol. 5(16), pp. 2169-2178, 18 August, 2010
21. Özbek, G., ‘‘Güneş Koruyucuları’’, *Kozmetoloji Dergisi*, Sayı 1 Cilt 2, 2003
22. Gabrijelcic, H., Urbas, R., Sluga, F., Dimitrovski, K., ‘‘Influence of Fabric Constructional Parameters and Thread Colour on Radiation Protection’’, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 1 (72) pp. 46-54, January/March 2009
23. Riva, A., Algaba, I., ‘‘Ultraviolet Protection Provided By Woven Fabrics Made With Cellulose Fibres:Study of The Influence Of Fibre Type and Structural Characteristics of the Fabric’’, Vol 97, 2006

24. Das, R.,B., "UV Radiation Protective Clothing", *The Open Textile Journal*, 3, 14-21, 2010
25. Kurban, S.,N.,2008, "Pamuklu Örme Kumaşlarda UV Işınlarnın Geçirgenliğinin Ölçümü ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, DENİZLİ
26. Meilert, K.T., Laub, D.,Kiwi, J., "Photocatalytic Self Cleaning of Modified Cotton Textiles By Titanium Dioxide Clusters attached by Chemical Spacers", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 237, 101-108, 2005
27. Bozzi, A., Yuranova T., Kiwi J., "Self-cleaning of Wool-polyamide and Polyester Textiles by TiO₂-rutile Modification under Daylight Irradiation at Ambient Temperature", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 172, 27-34, 2005
28. Yuranova, T., Mosteo R., Bandara J., Laub, D., Kiwi, J., "Self-cleaning Cotton Textiles Surfaces Modified by Photoactive SiO₂/TiO₂ Coating" *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 244 ,160-167,2006
29. Qi, K., Xin, J.H., Daoud, W.A., "Functionalizing Polyester Fiber with a Self-Cleaning Property Using Anatase Titanium Dioxide and Low Temperature Plasma Treatment", *Int. J. Appl.Ceram. Technol.*, 4 [6] 554-563, 2007
30. Zhang H, Millington K, Wang, X., "The Photostability of Wool Doped with Photocatalytic Titanium Dioxide Nanoparticles, Polymer Degradation and Stability 94, 278-283, 2009
31. Wu, D., Long M , Zhou J , Cai W, Zhu X, Chen C, Wu Y, "Synthesis and Characterization of Self-cleaning Cotton Fabrics Modified by TiO₂ Through a Facile Approach, *Surface & Coatings Technology* 203 ,728-3733,2009
32. Tung, W.S., Daoud., W.A., Photocatalytic Self-cleaning Keratins: A feasibility Study, *Acta Biomaterialia*, 5, 50-56, 2009
33. Paul, R., Bautista, L., De la Varga, M., Botet, J.M., Casals, E., Puentes, V. and Marsal, F., "Nano-cotton Fabrics with High Ultraviolet Protection", *Textile Research Journal* Vol 80(5): 454-462, 2009
34. Veronovski, N., Sfiligoj-Smole, M., Viota, J.L., "Characterization of TiO₂/TiO₂--SiO₂ Coated Cellulose Textiles", *Textile Research Journal* Vol 80(1): 55-62, 2009

35. Qi, K., Wang, X., Xin, J.H., "Photocatalytic Self Cleaning Textiles Based on Nanocrystalline Titanium Dioxide", *Textile Research Journal*, 2010
36. Moafi, H.F., Shojaie, A.F., Zanjanchi, M.A., "Titania and Titania Nanocomposites on Cellulosic Fibres: Synthesis, Characterization and Comparative Study of Photocatalytic Activity", *Chemical Engineering Journal*, 2010
37. Dastjerdi R, Montazer M, "A Review on the Application of Inorganic Nanostructured Materials in the Modification of Textiles: Focus on Anti-microbial properties, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* ,79, 5–18, 2010
38. Erdem, N., Erdoğan, U.H., Cireli, A.A., Onar, N., "Structural and Ultraviolet-Protective Properties of Nano- TiO₂-doped Polypropylene Filaments", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.115, Issue:1, 152-157, January, 2010
39. Uğur, Ş.S., Sarıışık, M., Aktaş, A.H., "The Fabrication Of Nanocomposite thin films with TiO₂ Nanoparticles by the Layer-by-Layer Deposition Method for Multifunctional Cotton Fabrics", *Nanotechnology*, July, 2010
40. Karimi, L., Mirjalili, M., Yazdanshenas, M.E., Nazari, A., "Effect of Nano TiO₂ on Self cleaning Property of Cross Linking Cotton Fabric With Succinic Acid under Uv Irradiation", *Photochemistry and Photobiology*, ProQuest Science Journals, 86, 5, Sep/Oct 2010
41. Palamutçu, S., Acar, G., Çon, A.H., Gültekin, T., Aktan, B., Selçuk, H., "Innovative Self-Cleaning and Antibacterial Cotton Textile: No Water and No Detergent For Cleaning", *Desalination and Water Treatment* 26, 178-184, 2011
42. Guan, K., "Relationship Between Photocatalytic Activity, Hydrophilicity and Self-cleaning Effect of TiO₂/SiO₂ Films, *Surface & Coatings Technology*, 191, 155–160, 2005
43. Cai, R., Van, G.M., A, P.K., Itoh, K., "Solar-Driven Self-cleaning Coating for a Painted Surface, *C. R. Chimie* 9, 829–835, 2006
44. Stamate, M., Lazar, G., "Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Materials", *Romanian Technical Sciences Academy*, 2007
45. Kang, X., Zi, W., Xu, Z.G., Zhang, H.L., "Controlling the Micro/nanostructure of Self-cleaning Polymer Coating", *Applied Surface Science* ,253, 8830–8834, 2007

46. Madaeni, S.S., Ghaemi, N., "Characterization of Self-cleaning RO Membranes Coated with TiO₂ Particles Under UV Irradiation", Journal of Membrane Science 303,221–233, 2007
47. Hochmannova, L., Vytrasovab, J., Photocatalytic and Antimicrobial Effects of Interior Paints", Progress in Organic Coatings 67, 1–5, 2009
48. Chen, J., Poon, C., "Photocatalytic Construction and Building Materials: From Fundamentals to Applications", Building and Environment, 44, 1899–1906, 2009
49. Prakash, S., Karacor, M.B., Banerjee, S., "Surface Modification in Microsystems and Nanosystems", Surface Science Reports, 64, 233-254, 2009
50. Kesmez, Ö., Çamurlu H.E., Burunkaya E., Arpaç E., "Sol-gel Preparation and Characterization of Anti-reflective and Self-cleaning SiO₂-TiO₂ Double-layer Nanometric Films, Solar Energy Materials & Solar Cells,2009
51. MEGEP, Tekstil Teknolojisi-Kumaş Boyama, 2008, Ankara
52. AS/NZS 4399:1996 Sun Protective Clothing Evaluation and Classification
53. TS 244 EN ISO 2060, Tekstil İplikler Doğrusal Yoğunluk (Birim Uzunluk Başına Kütle Tayini-Çile Metodu,1999
54. TS 250 EN 1049-2, Tekstil Dokunmuş Kumaşlar Yapı Analiz Metotları Kısım 2 birim Uzunluktaki İplik Sayısının Tayini,1996
55. TS 1700 Tekstil İkili Lif Karışımları Kantitatif Kimyasal Analiz Metotları, 2003
56. BS 2544: 1967, "Determination of thickness of textiles and textile products", British Standards, London
57. TS 251 Dokunmuş Kumaşlar: Birim Uzunluk ve Birim Alan Kütlesinin Tayini,1991
58. TS 392 EN ISO 9237 Tekstil Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini, 1996
59. TS EN ISO 13934-1 Tekstil Kumaşların Gerilme Özellikleri-Bölüm 1 En Büyük Kuvvetin ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Tayini-Şerit Metodu,2002
60. TS EN ISO 13937-2 Tekstil Kumaşların Yırtılma Özellikleri Bölüm 2: Pantolon Biçimindeki Deney Numunelerinin Yırtılma Kuvvetinin Tayini, 2002
61. Özdil, N., Özçelik, G., Kumaşlarda Yırtılma Mukavemeti Test Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma, Tekstil ve Konfeksiyon, 2006
62. TS EN ISO 105-X12, Tekstil Renk Haslığı Deneyleri Bölüm X12 Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Tayini

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ALAN, Gonca
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 31.12.1984 Ereğli
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (276) 221 21 36
Faks : 0 (276) 221 21 37
e-mail : gonca.arin@usak.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Uşak Üniversitesi/ Tekstil Mühendisliği	2011
Lisans	Pamukkale Üniversitesi /Tekstil Mühendisliği	2007
Lise	Ereğli (Y.D.A) Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007- halen	Uşak Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

Sentetik Liflerden Üretilen Halat Yapıları ve Kullanım Performansları, TAYYAR, A.E.,
ALAN, G., Tekstil ve Mühendis, Yıl 14, Sayı 68, 2009