T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İPLİKHANE TELEFLERİ ile KATYONİK BOYAMA SONRASI OLUŞAN TEKSTİL ATIKSUYUNUN RENK GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Hazırlayan
Ömer AYDINLIOĞLU

Danışman
Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ
2. Danışman
Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

Yüksek Lisans Tezi

Ocak 2020
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İPLİKHANE TELEFLERİ ile KATYONİK BOYAMA SONRASI OLUŞAN TEKSTİL ATIKSUYUNUN RENK GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Ömer AYDINLIOĞLU

Danışman
Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ
2. Danışman
Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 217M735 kodlu proje ile desteklenmiştir.

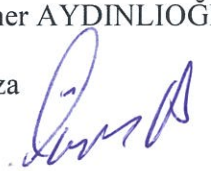
Ocak 2020
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ömer AYDINLIOĞLU

İmza



"İplikhane Telefleri ile Katyonik Boyama Sonrası Oluşan Tekstil Atıksuyunun Renk Gideriminin Araştırılması" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan
Ömer AYDINLIOĞLU
İmza

Danışman
Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ
İmza

II. Danışman
Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ
İmza

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. A. Kadir BİLİŞİK
İmza

Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ ve **Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ** danışmanlığında **Ömer AYDINLIOĞLU** tarafından hazırlanan **"İplikhane Telefleri ile Katyonik Boyama Sonrası Oluşan Tekstil Atıksuyunun Renk Gideriminin Araştırılması"** adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

07 / 01 / 2020

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ .....

Üye : Doç. Dr. Asım DAVULCU .....

Üye : Doç. Dr. Hüseyin BENLİ .....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 21/01/2020 tarih ve ..2020/06-28..sayılı kararı ile onaylanmıştır.

21 / 01 / 2020

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca çalışmalarımı engin bilgi birikimiyle yönlendiren ve her türlü maddi ve manevi desteği benden esirgemeyen kıymetli hocam sayın Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman mütevazı tavırlarıyla beni dinleyen, bilgisi ve tecrübeleriyle yol gösteren, değerli hocam sayın Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ'a desteklerinden ötürü çok teşekkür ederim. Yüksek lisans tez savunmamda jürilik yapan değerli hocalarım Doç. Dr. Asım DAVULCU ve Doç Dr. Hüseyin BENLİ'ye desteklerinden ötürü teşekkür ederim. Her türlü maddi ve manevi destekte bulanan sayın hocam Dr. Fazlıhan YILMAZ'a, aynı şekilde desteklerini benden esirgemeyen, her daim güler yüzlü olan Dr. Süreyya KOCATEPE'ye, Tekstil Yüksek Mühendisi Zehra GÖZÜTOK ÖNSES'e, Tekstil Yüksek Mühendisi Ayşegül ERDEM'e ve daha adını sayamadığım tüm değerli arkadaşlarıma canıgönülden teşekkür ederim.

Tez çalışmamı 217M735 no'lu proje ile finansal olarak destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Tez çalışmama yardımlarından ötürü Saray Halı A.Ş. ve Başyazıcıoğlu Tekstil San. ve Tic. A.Ş. 'ye teşekkür ederim.

Hayatım boyunca en büyük destekçilerim olan annem, babam ve ikiz kardeşime teşekkür ederim. Ayrıca bu tez çalışmasında her türlü desteği gösteren eniştem Halil ŞEN'e teşekkür ederim.

Temiz ve aydınlık bir gelecekte yaşamaları adına, yazdığım bu tezi, yeğenim Alya Mira ŞEN nezdinde tüm çocuklara ithaf ediyorum.

Ömer AYDINLIOĞLU

Ocak 2020, KAYSERİ

İPLİKHANE TELEFLERİ ile KATYONİK BOYAMA SONRASI OLUŞAN TEKSTİL ATIKSUYUNUN RENK GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Ömer AYDINLIOĞLU

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2020
Danışman: Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ
2. Danışman: Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

ÖZET

İçinde bulunduğumuz yüzyılda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte insanların her alanda tüketim ihtiyacı da artmıştır. Bu tüketim artışının en fazla görüldüğü yerlerden birisi de tekstil sektörüdür. Her yıl binlerce ton ürün üretilerek insanlar tarafından kullanılmaktadır. Tüm bunların sonucu olarak sektörün atık yük miktarı aynı oranda artmaktadır.

Bu tez çalışmasında, tekstil sektöründe ortaya çıkan atıklardan birisi olan iplikhane teleflerinin, yine tekstilde kullanılan katyonik boyaların atıksulardaki renk gideriminin sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmada farklı iplikhane teleflerine, çeşitli ısıl işlemler yapılmıştır. Daha sonra farklı uygulama koşulu altında (dik konumladırılmış falkon, açılı konumlandırılmış falkon ve erlen) telefler katyonik (bazik) boyalarının atık sudaki renk giderimlerinde test edilmişlerdir. Ayrıca telef miktarlarının ve adsorpsiyon süresinin etkisi de araştırmış ve optimum telef/adsorban miktarı ile işlem süresi belirlenmiştir.

Bütün bu çalışmalar sonucunda iplikhane teleflerinin, katyonik (bazik) boya esaslı tekstil atıksularının renk gideriminde alternatif bir adsorban olabilecekleri ve geri dönüşüme katkı sağlayabilecekleri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Temiz üretim, iplikhane, telef, katyonik (bazik) boya, renk giderimi, tekstil boyama

INVESTIGATION OF COLOR REMOVAL OF TEXTILE WASTEWATER AFTER CATIONIC DYE BY USING SPINNING WASTES

Ömer AYDINLIOĞLU

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, January 2020
Supervisor: Assoc . Prof. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ
2. Supervisor: Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

ABSTRACT

With the development of technology in the present century, the need to consume people in every field has increased. One of the places where this increase is seen most is the textile sector. Thousands of tons of products are produced and used by people every year. As a result of this, the amount of waste load of the sector increases at the same rate.

In this thesis, it is aimed to provide the color removal of cationic (basic) dyes used in textile from waste waters by the spinning mill waste which is one of the wastes in textile sector. In this study, various heat treatments were applied to different spinning mill waste. Subsequently, under different application conditions (perpendicularly placed falcon, angularly positioned falcon and flask), the wastes were tested for color removal of cationic (basic) dyes in waste water. In addition, the effect of waste amounts and adsorption time was investigated and optimum waste/adsorbent amount and processing time were determined.

At the end of the thesis, it was revealed that textile spinning mill wastes can be an alternative adsorbent for color removal of textile wastewater and can contribute to recycling.

Keywords: Cleaner production, spinning mill, waste, cationic (basic) dye, decolorization, textile dyeing

İÇİNDEKİLER

İPLİKHANE TELEFLERİ ile KATYONİK BOYAMA SONRASI OLUŞAN TEKSTİL ATIKSUYUNUN RENK GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
ONAY: iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Poliakrilonitril Lifleri 3
1.1.1. Poliakrilonitril Liflerinin Üretimi ve Özellikleri 4
1.1.2. Poliakrilonitril Liflerinin Ön Terbiyesi 7
1.1.2.2. Yıkama İşlemi 7
1.1.2.3. Ağartma İşlemi 8
1.1.2.4. Optik Ağartma İşlemi 8
1.2. Tekstilde Kullanılan Boyalar 9
1.3. Akrilik Liflerinin Boyanması 11
1.4. Tekstil Atıksuyu ve Özellikleri 13
1.5. Tekstil Atıksularının Arıtılmasında Kullanılan Yöntemler 15
1.5.1. Fiziksel Yöntemler 15
1.5.1.1. Adsorpsiyon 15
1.5.1.2. Membran Filitrasyonu 16
1.5.1.3. İyon Değişimi 16
1.5.2. Kimyasal Yöntemler 16

1.5.2.1. Oksidasyon 17
1.5.2.2. Eletrokimyasal Yöntem 17
1.5.2.3. Kimyasal Floklaştırma ve Çöktürme Yöntemi 17
1.5.3. Biyolojik Arıtma Yöntemleri 18
1.5.3.1. Aerobik Yöntem 18
1.5.3.2. Anaerobik Yöntem 18
1.6. Tekstil Atıksuyu ile İlgili Literatür Çalışmaları 19

2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Kullanılan Materyal ve Malzemeler 21
2.1.1. Renk Giderimi için Kullanılan İplikhane Telefleri 21
2.1.2. Kullanılan Kimyasallar ve Boyarmaddeler 22
2.1.3. Boyamada Kullanılan Akrilik Lifi 23
2.1.4. Cihaz ve Makineler 23
2.2. Yöntem 24
2.2.1. Basic Blue 41 (BB41) Boyası ile Yapılan Renk Giderim Deneyleri 24
2.2.2. Akrilik Elyafının Boyanması ve Sonrası Elde Edilen Atık Boyalar ve Yıkama Atıksuları ile Yapılan Deneyler 27
2.3. Değerlendirmede Kullanılan Analiz Yöntem 29
2.3.1. Mikroskop ile Görüntüleme 29
2.3.2. SEM Analizi 29
2.3.3. BET Analizi 29
2.3.4. Yabancı Madde Analizi 29
2.3.5. Boyanan Akrilik Liflerinin Renk Analizleri 30
2.3.6. Adsorpsiyon/Renk Giderim Analizi 30
2.3.7. Zeta Potansiyeli Analizi 30

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Basic Blue 41 (BB41) Boyası ile Yapılan Deney Sonuçları 31
3.1.1. Telef, Isıl İşlem Prosesi ve Uygulama Yöntemi Belirlemek için Yapılan Deneyler 31
3.1.1.1. Dik Falkon Deneyi Ölçümleri 32
3.1.1.2. Açılı Falkon Deneyi Ölçümleri 32

3.1.1.3. Erlen Deneyi Ölçümleri 33
3.1.2. Optimum İnkübasyon Süresinin ve Telef Miktarının Belirlenmesi için Yapılan Deneyler 34
3.1.2.1. Harmanaltı (HA) Telefi ile Yapılan Deneyler 35
3.1.2.2. Harman (H) Telefi ile Yapılan Deneyler 35
3.1.2.3. Tarakaltı (TA) Telefi ile Yapılan Deneyler 36
3.2. Akrilik Elyafının Boyanması ve Sonrası Elde Edilen Atık Boyalar Ve Yıkama Atıksuları ile Yapılan Deneyleri 36
3.2.1. Akrilik Elyafı Boyama Deneyi 36
3.2.2. Boyama Sonrası Elde Edilen Atık Boya Banyoları ve Yıkama Suları ile Yapılan Adsorpsiyon Çalışmaları 37
4. BÖLÜM
TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER
4. 1. Basic Blue 41 (BB41) Boyası ile Yapılan Deney Sonuçları 40
4.1.1. Telef, Isıl İşlem Prosesi ve Uygulama Yöntemi Belirlemek için Yapılan Deneyler 40
4.1.1.1. Dik Falkon Deneyleri 40
4.1.1.2. Açılı Falkon Deneyleri 41
4.1.1.3. Erlen Deneyleri 43
4.1.2. Optimum İnkübasyon Süresinin ve Telef Miktarının Belirlenmesi için Yapılan Deneyler 49
4.1.2.1. Harmanaltı (HA) Telefleri ile Yapılan Deneyler 50
4.1.2.2. Harman (H) Telefi ile Yapılan Deneyler 51
4.1.2.3. Tarakaltı (TA) Telefleri ile Yapılan Deneyleri 52
4.2. Akrilik Elyafının Boyanması ve Sonrası Elde Edilen Atık Boyalar Ve Yıkama Atıksuları ile Yapılan Deneyleri 53
4.2.1. Akrilik Elyafının Boyanması 53
4.2.2. Boyama Sonrası Elde Edilen Atık Boya Banyoları ve Yıkama Suları ile Yapılan Adsorpsiyon Çalışmaları 55
4.3. Genel Sonuç ve Öneriler 57
KAYNAKÇA 60
ÖZGEÇMİŞ 67

KISALTMALAR

HA	Harmanaltı Telefi
TA	Tarakaltı Telefi
H	Harman Telefi
T	Tarak Telefi
PE	Penye Telefi
PN	Pnömofil Telefi
M	Meydan Telefi
Ü	Üstübü Telefi
BB41	Basic Blue 41
BR46	Basic Red 46
BBD	Basic Blue Dye
gr	Gram
L	Litre
ml	Mililitre
Mv	Milivolt
C_0	Başlangıç konsantrasyonu (gr/L)
C	Son konsantrasyon (gr/L)
UV	Ultraviyole
PAC	Poliakrilnitril
K/S	Renk verimi
L*	Açıklık- Koyuluk ekseni
a*	Kırmzı- Yeşil ekseni
b*	Sarı-Mavi ekseni
C*	Doygunluk
h^o	Renk cinsi
^oC	Santigrat derece
^oF	Fahrenayt Derece
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopu
BET	Brunauer, Emmet ve Teller
pH	Ortamdaki H^+ ve OH^- iyonlarının yoğunluğu (-log[H^+])
dk	Dakika

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Akrilik liflerinin fiziksel özellikleri 7
Tablo 1.2. Boyaların uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılması 10
Tablo 1.3. Boyama koyuluğuna bağlı olarak kullanılması gereken retarder miktarı 12
Tablo 2.1. Boyamada Kullanılan Akrilik Elyafı Özellikleri 23
Tablo 3.1. Dik Falkon deneylerinde elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri 32
Tablo 3.2. Açılı Falkon deneylerinde elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri 33
Tablo 3.3. 100ml'lik Erlen deneylerinde elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri 34
Tablo 3.4. Harmanaltı (HA) telefi ile elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri 35
Tablo 3.5. Harman (H) telefi ile elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri 35
Tablo 3.6. Tarakaltı (TA) telefi ile elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri 36
Tablo 3.7. Boyalı elyaflara ait CIE L*a*b* (D65) değerleri 37
Tablo 3.8. Teleflerin BB41 atık boya banyosu üzerindeki Adsorpsiyon verimlilikleri 37
Tablo 3.9. Teleflerin BR46 atık boya banyosu üzerindeki adsorpsiyon verimlilikleri 38
Tablo 3.10. Teleflerin BBD atık boya banyosu üzerindeki Adsorpsiyon verimlilikleri 38
Tablo 3.11. Teleflerin BB41 yıkama atıksuyu üzerindeki %adsorpsiyon verimlilikleri 38
Tablo 3.12. Teleflerin BR46 yıkama atıksuyu üzerindeki %adsorpsiyon verimlilikleri 38
Tablo 3.13. Teleflerin BBD yıkama atıksuyu üzerindeki %adsorpsiyon verimlilikleri 39
Tablo 4.1. Mesdan- Lab 281 C makinesi ile yapılan yabancı madde analizi 46
Tablo 4.2. SDL MDTA cihazı ile teleflerin içerik analiz sonuçları 47
Tablo 4.3. Teleflerin yüzey alanları 47
Tablo 4.4. Farklı ön ısıl işlemlerden sonra teleflerin lif ve çöp içeriğinin SEM görünümleri. 48
Tablo 4.5. Boyaların renk verimlilik (K/S) grafiği 55
Tablo 4.6. Harmanaltı (HA) telefine ait zeta potansiyeli 58

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Kuru lif çekim Yöntemi 5
Şekil 1.2. Yaş lif Çekim Yöntemi 6
Şekil 1.3. Akrilonitrilin anyonikleştirilmesi 11
Şekil 1.4. Bazik boya molekülünün akrilik lifine iyonik bağlanması 11
Şekil 1.5. Kişi başı yenilenebilir toplam su kaynağı miktarı (2013) 13
Şekil 1.6. Adsorpsiyon mekanizması 16
Şekil 1.7. Ozonun rezonan yapısı 17
Şekil 2.1. İplikhane telef numunelerine ait görseller ve kodları 21
Şekil 2.2. Numunelere uygulanacak Isıl Ön İşlem parametreleri ve bazik boyaya uygulanmaları 25
Şekil 2.3. Dik falkon deneyi, Açılı falkon deneyi ve Erlen deneyi 26
Şekil 2.4. Seçilen teleflere uygulanan deney planı 26
Şekil 2.5. Akrilik elyaf boyama grafiği 27
Şekil 2.6. Boyama sonrası elde edilen atık boya banyosu ve yıkıma suları için yapılan adsorpsiyon deney planı 28
Şekil 4.1. Dik Falkon deneyleri için Proses-Adsorpsiyon Verimliliği (%) grafiği. 41
Şekil 4.2. Açılı Falkon deneyleri için Proses-Adsorpsiyon Verimliliği (%) grafiği. 42
Şekil 4.3. 100 ml'lik Erlen deneyleri için Proses-Adsorpsiyon Verimliliği (%) grafiği 43
Şekil 4.4. Mikroskop görüntüleri 44
Şekil 4.5. Teleflere ait SEM Görüntüleri (100x Büyütme) 45
Şekil 4.6. Harmanaltı telefine ait % adsorpsiyon verimliliği-süre grafiği 50
Şekil 4.7. Harman telefine ait % adsorpsiyon verimliliği-süre grafiği 51
Şekil 4.8. Tarakaltı telefine ait % adsorpsiyon verimliliği-süre grafiği 52
Şekil 4.9. Boyanmış akrilik elyaflarına ait görseller 54

GİRİŞ

Küresel ısınmanın giderek arttığı ve doğal kaynaklarında giderek tükenmekte olduğu dünyamızda, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlilik anlayışı son yıllarda oldukça önem kazanmaktadır. Özellikle buzulların erimesi, yeraltı su kaynaklarının bilinçsiz bir şekilde kirletilerek tüketilmesi, tatlı su kaynaklarında ciddi azalmalara yol açmaktadır. Bu nedenle suyun geri dönüşümü ve bilinçli kullanımının sağlanması zorunlu bir hal almıştır.

Tekstil sektörü, hem su tüketiminin oldukça yoğun olduğu hem de katı ve sıvı atık yükünün çok fazla olduğu bir sektördür. Ortaya çıkan bu atıkların bir ön işlem görmeden doğaya bırakılması, çevre kirliliğinde ciddi artışlara neden olmaktadır. Tekstil atıksularındaki renkli kimyasallar ve toksik maddelerin arıtılmadan doğaya bırakılması insan ve çevre sağlığı açısından telafisi mümkün olmayan sorunlara yol açmaktadır. Tekstil sektöründeki bu atıkların geri dönüşüm yoluyla tekrar kullanımının sağlanması hem çevresel açıdan hem de sektörün maliyet yükünün azaltılması açısından olumlu sonuçlar doğurabilir. Sıvı atık olarak doğaya bırakılan proses sularının arıtılarak tekrar kullanılabilir hale getirilmesi, su tüketimini azaltarak tonlarca suyun korunmasını sağlayabilir.

Sektörde sıvı atık yükünün yanı sıra katı yükü de bir hayli fazladır. Her yıl tonlarca lif, iplik, kumaş üretimi esnasında telef olarak ortaya çıkmaktadır. Oluşan bu telefler çeşitli alanlarda geri dönüşümü yapılarak kullanılsa da yine de bunların bir kısmı değerlendirilmemektedir.

Bu bağlamda yapılan bu tez çalışmasında, bahsedilen sıvı ve katı atık yükünün azaltılarak tekrar geri dönüşümünün sağlanması için fabrikaların iplikhane bölümde ortaya çıkan elyaf teleflerinin, iyonik etkileşiminin iyi olduğu ve selülozik liflerin boyanmasında kullanılan katyonik boya esaslı atık boyaların renk gideriminde kullanılması araştırılmıştır.

Bu amaçla iplikhane üretim hattına ait telefler (Harmanaltı, Tarakaltı, Harman, Tarak, Penye, Pnömofil, Meydan, Üstübü) ön ısıl işlemsiz ve farklı ısıl işlemler sonrasında katyonik boyalı çözeltilerde renk giderim özellikleri açısından test edilmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Poliakrilonitril Lifleri

İlk akrilonitril ve poliakrilonitril sentezi (PAN) Fransız kimyager Moreau tarafından yapılmıştır. 1893'te Moreau, akrilonitrilin sentezlenmesi için iki yöntem bildirdi ve bir yıl sonra akrilonitrilin polimerizasyonunu bildirdi. Polimer birkaç yıl çok az dikkat çekmiştir, çünkü bilinen hiçbir çözücü yoktur ve polimer erime noktasına ulaşmadan önce ayrışır. Bu, polimerin işlenmesini neredeyse imkânsız hale getirdi. PAN için solvent geliştirmede ilk atılım Almanya'da II. Dünya Savaşı'ndan kısa bir süre önce geldi. I.G. Farbenindustrie, benzil periton klorür gibi kuaterner amonyum bileşiklerinin veya lityum bromür, sodyum tiyosiyanat ve alüminyum perklorat gibi metal tuzlarının sulu çözeltilerinde bir polimer çözeltisinden liflerin bükülmesinde başarılı olmuştur [1].

Tekstilde çok fazla kullanılan liflerden biri olan akrilik liflerinin tarihçesine bakıldığında 1940'dan öncesine kadar uzandığı görülmektedir. Bu lifler ilk olarak 1950'lerde Du pont (USA) firması tarafından "ORLON" adı altında üretilirlken Bayer (Almanya) firması Dormagen'de "DRALON" adı altında üretim yapmıştır [2].

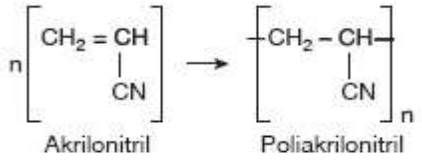
Poliakrilnitril liflerinde, makromoleküller arasında güçlü çekim kuvvetleri nedeniyle, sıkı bir molekülerüstü yapıya sahiptirler. Bu sıkı yapı liflerin boyanmasında ve terbiyesi sırasında problem yaratmaktadır. Bu zorluğu giderebilmek için piyasaya çıkarılan normal PAC lifleri, saf akrilnitrilden oluşmayıp, %15 kadar komonomer ile birlikte polimerizasyon sonucu elde edilen kopolimerlerdir. Genellikle komonomer miktarı %4-11 arsında değişmekte olup, u oran %15 i geçtiğinde liflere "Modakrilik" lifleri denilmektedir [3].

PAC liflerinin ısı tutma yeteneklerinin iyi, yaylanma yeteneklerinin yüksek, özgül ağırlıklarının düşük, buruşmazlık özelliklerinin iyi olması, yumuşak ve yüne benzer

tutumları nedeniyle üst giysi, spor kıyafeti, triko, battaniye, halı, döşemelik, yapay kürk, dokusuz yüzey gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır [3, 4].

1.1.1. Poliakrilonitril Liflerinin Üretimi ve Özellikleri

Poliakrilonitil (PAN), akrilonitril içeren uzun zincirli bir polimerdir. Akrilnitrilin polimerizasyonu sonucu elde edilen bir lif türüdür. Akrilonitril, uygun başlatıcılar kullanılarak radikal zincir mekanizmasına göre kolaylıkla polimerize olabilmektedirler. [-CH_2-CH (CN)] polimerik zincirde yinelenen birim olarak ve ilave polimerizasyon ile oluşturulmuştur. Akrilik elyaf, %15 veya daha az kopolimer içerir. Modakrilik lifler ağırlıkça %85'ten az, ancak ağırlıkça en az %35 akrilonitrilden oluşur. Komonomerler, polimer termoplastisitesini, çözünürlüğünü, boyanabilirliğini, nem geri kazanımını vb. artırmak için eklenir [3,5].

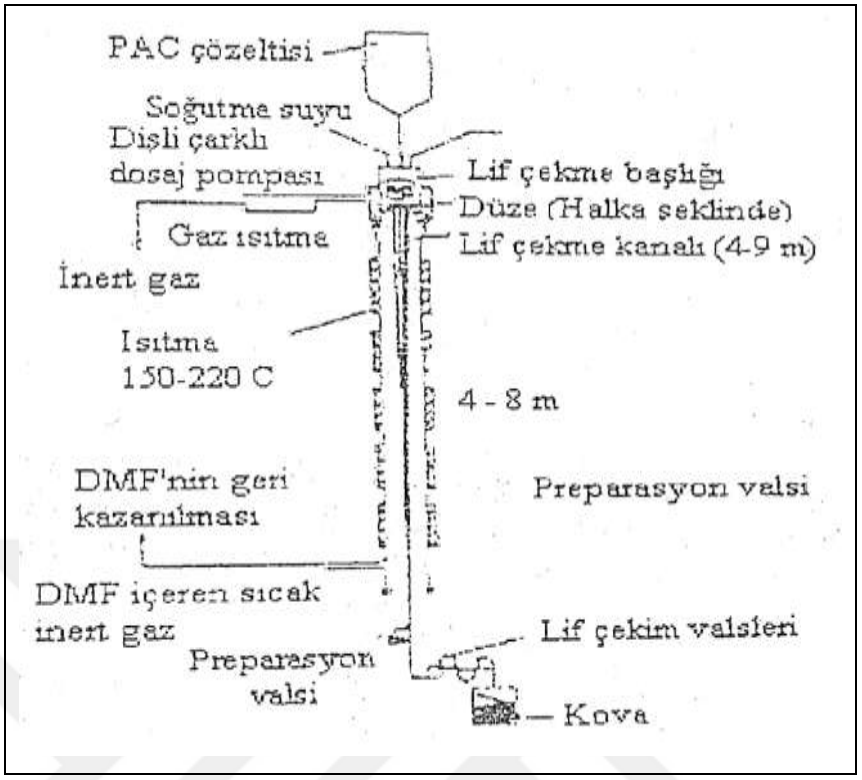


Poliakrilonitril liflerinin hemen hemen tamamı çözeltiden lif çekim yöntemine göre kuru ve yaş lif çekimi olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır [3].

Kuru Lif Çekimi:

Kuru lif çekimi yaparken çözücü olarak dimetilformamid (DMF) kullanılmaktadır. %25-30'luk olarak hazırlanmış lif çekim çözeltisi, 70-100 °C kadar ısıtılıp, bu sıcaklıkta tutulur. 300-2000 arasında delikleri olan düzelerden fışkırtılan lifler 310-400 °C'deki oksijen içermeyen inert gaz (N_2) ile katılaştırılır. Katılaşan lifler preparasyon maddesi ile işleme tabii tutulup, çekilmekte ve daha sonra kovalara doldurulmaktadır [3].

Şekil 1.1'de kuru lif çekim yöntemi ile akrilik lifinin elde edilişi gösterilmektedir.

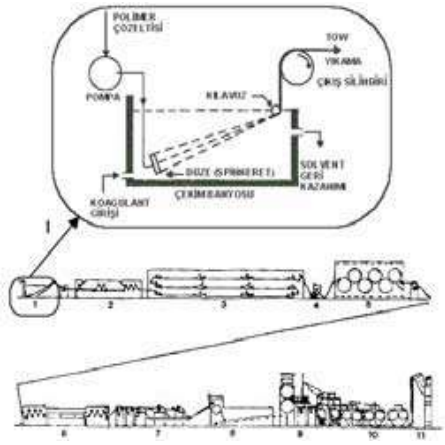


Şekil 1.1. Kuru lif çekim Yöntemi[3]

Yaş Lif Çekimi:

Kuru lif çekimden daha yaygın olarak kullanılan bu yöntemde, kuru lif çekiminden farklı olarak DMF'nin yanında başka çözücülerde kullanılmaktadır [3].

Yaş çekim yönteminde çekim çözeltisi, içersinde koagfülant olan bir sıvı banyosuna daldırılmış düzeden banyo içerisine fışkırtılır. Banyo içerisindeki nonsolvent ile polimer içerisindeki solventin düfüzyana uğrayarak katılaşır ve lif çekilir. Yaş çekimle akrilik üretiminde ilk lif formasyonu koagülasyon banyosu içerisinde gerçekleştiği için koagülasyon banyosu parametreleri liflerin bilhassa fiziksel özellikleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır [3].



Şekil 1.2. Yaş lif Çekim Yöntemi[6]

Poliakrilnitril liflerinde, makromoleküller arasında etkin çekim kuvvetleri nedeniyle, sıkı bir molekülerüstü yapıya sahiptirler. Bu sıkı yapı liflerin boyanmasında ve terbiyesi sırasında problem yaratmaktadır. Bu zorluğu giderebilmek için piyasaya çıkarılan normal PAC lifleri, saf akrilnitrilden oluşmayıp, %15 kadar komonomer ile birlikte polimerizasyon sonucu elde edilen kopolimerlerdir. Genellikle komonomer miktarı %4-11 arsında değişmekte olup, u oran %15 i geçtiğinde liflere "Modakrilik" lifleri denilmektedir, bu lifler %35-85 arasında poliakrilonitril içeren kopolimerlerden elde edilir [3, 7].

Modakrilik liflerin özellikleri akrilik liflere yakındır. Akrilik liflerinden yoğunlukları yüksektir ve daha fazla nem tutarlar (akrilikler %1,6-2,0; modakrilikler %4,0) [7].

Akrilik liflerinin stapel uzunlukları, elyafı eğrilmiş ipliğe dönüştürmek için kullanılan eğirme sistemine bağlı olarak 25 ila 150 mm arasında değişebilir. Filament denye, yaklaşık 1.2 ila 15 g = denye (veya 0.13 ila 1.7N = tex) değişebilir. Giysilerin çok yumuşak bir tuşeye sahip olmaları için düşük bükülme modüllerinden dolayı, düşük denyeli elyaflardan imal edilecektir. Tipik akrilik giyim kumaşlarının çoğu, 3 dpf'ye yakın filament denyelerinden, bazı endüstriyel ve el yapımı iplikler ise 5-6 denyelerden yararlanmaktadır. Akrilik halı iplikleri, genellikle gerekli sertliği ve aşınma direncini elde etmek için 15 denye fiberden yapılır [1].

Tablo 1.1'de Akrilik liflerinin fiziksel özellikleri verilmektedir.

Tablo 1.1. Akrilik liflerinin fiziksel özellikleri [7]

Özellik		Flament	Stapel
Kopma Dayanımı (g/denye)	(65 nem, 70 °F)	4,5-5,0	2,5-3,0
	Yaş	4,0-4,5	2,0-3,0
Kopma noktasında uzama	(65 nem, 70 °F)	15-20	25-35
	Yaş	20-30	35-45
Elastik modül (g/denye)	(65 nem, 70 °F)	60-70	25-40
Nem tutuculuk (%)	(%65 nem)	1,6-2,0	1,8-2,5
Yoğunluk (g/m^3)		1,17	1,17
Suda şişme (%)		Çok az	2-5

Akrilik lifinin kimyasal özellikleri şu şekildedir;

Asitlerin Etkisi: Hem zayıf hem de kuvvetli asitlere karşı iyi direnç gösterirler, ancak konsantre mineral asitler akrilik elyafına zarar verir.

Bazların Etkisi: Elyaf yüzeyi %5'lik kostik soda ile zarar görür. Mineral tuzlardan ise az zarar görür.

Oksitleyici ve İndirgeyici Ajanların Etkisi: Bu koşullardaki çalışmalarda genelde zarar görmezler.

Çözücülerin Etkisi: Akriliklerin birçoğu organik çözücülerde çözünmezler. Başlıca sıcak çözücüler: Dimetilfprrmamid, Etilen karbonat, Sülfonatlanmış tetrametilen, Dimetilasetamiddir. Bunlar akrilik liflerde düşük konsantrasyon ve sıcaklıkta şişmeye neden olurlar.

Işığın Etkisi: Bu lifler mükemmel ışık dayanaklığına sahiptirler [8].

1.1.2. Poliakrilonitril Liflerinin Ön Terbiyesi

1.1.2.2. Yıkama İşlemi

Yağlayıcıların ve kirlerin lif üzerinden uzaklaştırılması boyamadan önce önemli bir işlemdir. En iyi yöntem uzaklaştırılacak maddelerin tipine ve miktarına bağlı olarak seçilir. Bazen soğuk ortamda kısa çalkamalar yeterli olur. Fakat genellikle noniyonik deterjanlarla hafif alkali ortamda yıkama yapılır. Anyonik deterjanlardan uzak durulmalıdır [8].

%0,5-1 noniyonik deterjan (kumaş ağırlığına göre), %0,5-1 amonyak (%25'lik) ile 50-65 °C'da 15-30 dakika muamele yeterlidir [8].

1.1.2.3. Ağartma İşlemi

Akrilik liflerinde ekru (sarımtırak) bir renk vardır. Bu nedenle açık ve parlak renklerde boyanacak kumaşlara ağartma yapılması gerekir. Diğer durumlarda ise sadece optik beyazlatıcı kullanmak yeterlidir [8].

En yaygın metot kombine klorit koşullarına dayanıklı optik beyazlatıcı kullanılarak yapılanıdır. Aşırı klordioksit çıkışı olmaksızın ağartmayı sağlamak için pH'ı 3,5-3,8 aralığında tutmak yeterlidir. İçerisinde yeterli miktarda nitrat içerdiğinden düşük dereceli (%30'luk) sodyumklorit kullanılması halinde, korozyon önleyici olarak sodyum nitrat ilave edilmesine gerek yoktur [8].

1.1.2.4. Optik Ağartma İşlemi

Poliakrilonitril liflerinin tamamı katyonik optik beyazlatıcılara affiniteye gösterirler. Kopolimerin yapısı, çeşitli optik beyazlatıcılar için lifin afinitesini belirler. Poliakrilonitrillerin tümü anyonik gruplar içerir ki bunlar da katyonlara karşı bir affiniteye sahiptir. Katyonik optik beyazlatıcılar %3-5 formikasitli (%85'lik) pH 3-4 solüsyondan 95-100 °C arasında uygulanır. Düzgünsüzlüğü önlemek için katyonik retarderler veya katyonik yumuşatıcılar kullanılabilir [8].

Noniyonik optik beyazlatıcılar (suda çözünmez tipte) süspansiyonlardan lif tarafından çekilebilirler. Çözelti asitli olmalı ve %85'lik formikasitle pH3-4 e indirilmelidir. 100 °C'de işlem yapılır. Çekim yavaştır, bu nedenle hızlandırmak için temperatür basınçlı makinalarda 110°C'a çıkarılabilir. Maksimum çekim aralıklarına dikkat edilmelidir [8].

Akrilik / selüloz elyaf karışımlı kumaşların parlatılması için, parlatıcıların her elyaf için uygunluğu çok önemlidir. İki parlatıcı sınıfının uyumlu olmaması durumunda, önce akrilik parlatıcıyı ve sonra taze bir banyoda selüloz parlatıcıyı uygulayarak iki banyo işlemi gereklidir. Akrilik / pamuktaki peroksit / hipoklorit ağartma veya birleşik ağartma teknikleri kullanılabilir. Çamaşır suyu banyosundan klorit kararlı ürünler uygulanmalıdır. Başka bir gereksinim, perborat içeren yıkama maddelerinin varlığında

ıslak ışık haslığıdır. PAN'tan yapılan giysiler veya perborat içeren yıkama tozları ile yıkandıktan sonra güneşte kurutulduğunda karışımlarda sararma görülür [5].

1.2. Tekstilde Kullanılan Boyalar

Tekstil ürünlerinin boyanması geniş kapsamlı ve çok çeşitli işlemlerden oluşmaktadır. Öncelikle boyama işlemini etkileyen faktörlerin sayısı oldukça fazladır. Örneğin; boyanacak lifin cinsi, boyarmaddenin cinsi, yardımcı kimyasal maddelerin kullanımı, boyama yöntemi, boyama sıcaklığı ve süresi gibi [9].

Sentetik boyalar kimyasal yapı temelinde veya malzemeye uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılır. Boyalar, farklı kimyasallar kullanılarak birçok şekilde sentezlenir. Uygulama yöntemleri temelinde boyalar şöyle sınıflandırılır [10]:

Asit boyalar: Bu boyalar anyoniktir ve asit çözeltilerinde katyonik olan elyaflarla iyonik bağlar oluşturur. Bu boyalar akrilik, yün, naylon ve naylon / pamuk karışımlarına uygulanır.

Azoik boyalar: Bu boyalar pamuklu kumaşların boyanmasında kullanılan azo bileşenini (–N = N-) içerir. Boyama işleminde lif önce bağlaştırıcı ile muamele edilir, ardından azo boyası uygulanır.

Bazik boya: Bu boyalar katyoniktir ve akrilik, katyonik boyanabilir polyester ve katyonik boyanabilir naylon gibi anyonik elyaflarla iyonik bağlar oluşturur.

Dispers boyalar: Bu boyalar kolloidaldir ve hidrofobik liflerde çözünür. Çoğunlukla bu boyalar polyester, naylon ve asetat ve triasetat elyaflarının boyanmasında kullanılır.

Direkt boyalar: Bunlar ayrıca genellikle ilave elektrolit içeren nötr veya hafif alkali banyolardan pamuk-ipek kombinasyonuna uygulanan azo boyalarıdır. Bu boyalar ağırlıklı olarak elektrostatik etkileşimler yoluyla Matrix (yün, poliamid kumaş) ile etkileşime girer ve eklenir. Bu boyalar selüloz, yün, naylon, ipek vb. Renklendirmek için kullanılır.

Reaktif boyalar: Reaktif boyalar, en iyi selüloz liflerini boyarlar. Boyanın fiksasyonu, alkalin şartlar altında reaktif boya molekülü grubu ile liflerde(Pamuk, yün, ipek, naylon

vb.) mevcut bulunan OH, NH, SH vb grupları arasında kovalent bir bağ oluşturarak fiberin üzerine yapılır.

Mordan boyaları: Al, Cr ve Fe gibi metal tuzları ile birlikte uygulanırlar.

Sülfür boyaları: Bu boyalar pamuk ve ipek boyamak için kullanılır. Bu boyanın uygulanması, suda çözünür indirgenmiş formu ve çözünmeyen oksitlenmiş formu nedeniyle dikkatli bir işlem gerektirir.

Vat boyaları: Bu boyalar suda çözünmez ve doğrudan tekstillere uygulanamaz. Bu boyalar oksidasyonun yanı sıra matris üzerine uygulanması için indirgeme aşaması gerektirir.

Asetat rayon boyaları: Selüloz asetat ve bazı sentetik elyaflar için geliştirilmiştir [10].

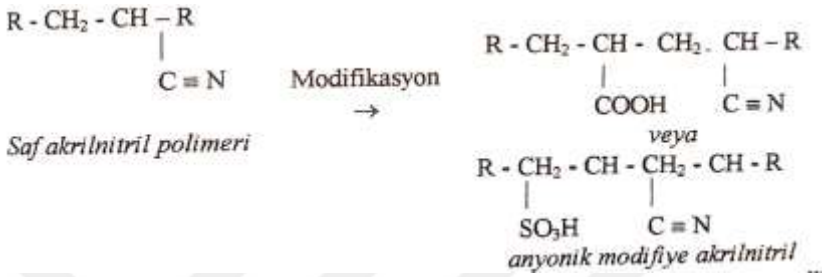
Tablo 1. 2'deboyarmaddelerin uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1.2. Boyaların uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılması [11]

Sınıf	Uygulandığı Lif	Uygulama Metodu ve Temel Özellikleri	Kimyasal Sınıf
Reaktif	Pamuk, Yün, İpek, Poliamid	✓ boyama sıcaklık ve pH (alkali) etkisi altında boyarmaddedeki reaktif grubun lifteki fonksiyonel grupla kovalent bağ oluşturması ile gerçekleşir	Azo Antrakinon Trifendioksazin Ftalosiyanin
Direkt	Pamuk, Yün, Viskon, Poliamid	✓ Anyonik boyarmaddelerdir ve bol miktarda tuz kullanımı gerekir ✓ süllfonik ve karboksilik asitlerin sodyum tuzlarıdır ✓ ön işlem yapılmaksızın boyarmadde çözeltisinden life direkt çekilirler	Azo Stilbene Ftalosiyanin Oksazin
Küp	Pamuk, Viskon,	✓ suda çözünmeyen fakat sodyum hidrojen sülfat ile indirgenerek çözdürülen boyarmaddelerdir ✓ daha sonra lif üzerine çektirilir ve tekrar yükseltgenir	Antrakinon İndigoid
Kükürt	Pamuk, Viskon,	✓ kükürt içeren kompleks yapılı organik bileşiklerden oluşur ✓ çözünür hale geldikten sonra soydum sülfür çözeltisiyle birlikte life aktarılır ve daha sonra tekrar oksidasyon işlemiyle suda çözünmeyen forma dönüşür	Ara Madde Yapıları
Pigment	Tüm Lifler	✓ boyarmadde ve lif arasında kimyasal bağ olmaksızın çapraz bağlayıcı madde ile lif yüzeyine yapıştırılır	Azo Dioksazin Antrokinon
Dispers	Poliester, Poliamid, Asetat, Akrilik	✓ suda çözünmeyen ve noniyonik olduğu için dispersiyon şeklinde uygulanır ✓ boyama dispersiyon ortamından boyarmaddenin lif üzerine difüzyon yoluyla çekilmesi ve lif içinde çözünmesi ile gerçekleşir	Azo Nitro Antrokinon
Bazik	Akrilik	✓ renkli kısmı katyon olarak bulunduğu için katyonik boyarmadde olarak da adlandırılır ✓ Lifin anyonik gruplarına iyonik bağlarla bağlanarak tuz oluşturur	Azo Siyanin Azin Oksazin Antrakinon
Asit	Yün, İpek, Modifiye Akrilik, Poliamid	✓ organik asitlerin tuzlarıdır ✓ boyama, asidik banyolarda boyarmadde ile lifin iyonik bağ oluşturmasıyla gerçekleşir	Azo Antrokinon Metal Kompleks

1.3. Akrilik Liflerinin Boyanması

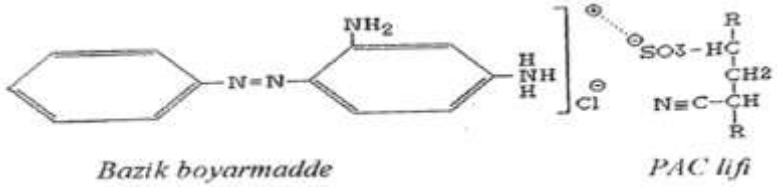
Saf akrilonitril boyanması zor olduğu için, bu yapı modifiye edilerek karboksil (-COOH) veya sulfonasidi ($-SO_3H$) grupları eklenmesi halinde bazik(katyonik) boyarmaddelerle çok daha kolay boyanabilmektedirler [9]. Şekil 1.3'te Akrilonitrilin anyonikleştirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Akrilonitrilin anyonikleştirilmesi [9]

Bazik boyalar, pozitif yüklü azot veya kükürt atomlarından kaynaklanan katyonik özelliklere sahip katyonik boyalardır [12, 13]. Yük, genellikle azot atomları üzerinde daha fazla lokalize olmasına rağmen, kromoforik sistem boyunca genel olarak lokalize edilir [13].

Modifiye edilmiş PAC liflerinde bir yandan anyonik grup sayısı artarken, diğer yandan da bu liflerin camlaşma noktaları 80°C civarına düşmektedir. Böylece, anyonik yapıdaki PAC liflerinin katyonik boyarmaddelerle boyanması kolaylaşmaktadır. PAC liflerinin boyanmasında en çok bazik boyarmaddeler kullanılır. Bu boyarmaddelerin dışında, özellikle açık ton boyamalarda dispersiyon boyarmaddeleriyle de çalışılmaktadır. Sonradan düzgünleşme özellikleri iyi olan dispersiyon boyarmaddeleri ile PAC liflerinin boyanması, PES liflerinin boyanmasındaki koşullara benzemektedir. Ancak PES'den farklı olarak, PAC lifleri carrier ve egaliz maddesi kullanılmaya gerek olmadan pH 5-6'da boyanabilmektedir [4].



Şekil 1.4. Bazik boya molekülünün akrilik lifine iyonik bağlanması [9]

Boyarmadde önce liflere adsorbe olmakta, daha sonra çözülerek liflere kimyasal bağla bağlanmaktadır. Bu liflerin bazik boyarmaddelerle boyanmasında 75-80 °C civarında kritik boyama sıcaklığı bulunmaktadır. Bu sıcaklık devresinde boyarmadde lifler tarafından çok hızlı bir şekilde alınmaktadır [9].

PAC liflerinin bazik boyarmaddelerle boyanmasında lif ile boyarmadde arasındaki etkileşim iyonik bir çekim olduğundan, flotteye tuz ilavesi iyonik etkileşimi azaltarak boyamayı frenleyici etki (retarder etkisi) göstermektedir. Her ne kadar boyamayı yavaşlatmak amacıyla tuz kullanılabilirse de PAC boyamacılığında yaygın olarak izlenen yol flotteye retarder ilavesidir. Retarder, boyarmaddenin lif tarafından hızlı alınmasını frenleyen bir yardımcı maddedir. Flotteye konulacak retarder miktarı lifin cinsine, boyama koyuluğuna ve retarderın tipine göre değişmekle beraber, kabaca boyama koyuluğu azaldıkça artmaktadır [4]. Boyama koyuluğuna bağlı olarak kullanılması gereken retarder miktarı Tablo 1.3'te gösterilmiştir.

Tablo 1.3. Boyama koyuluğuna bağlı olarak kullanılması gereken retarder miktarı [9]

Boyama Koyuluğu (%)	**Retarder Miktarı (%)**
1-2	3-4
2-4	1,5-2,5
4-6	0,5-1,5

Retarderlerin anyonik ve katyonik olmak üzere başlıca iki tipi mevcuttur.

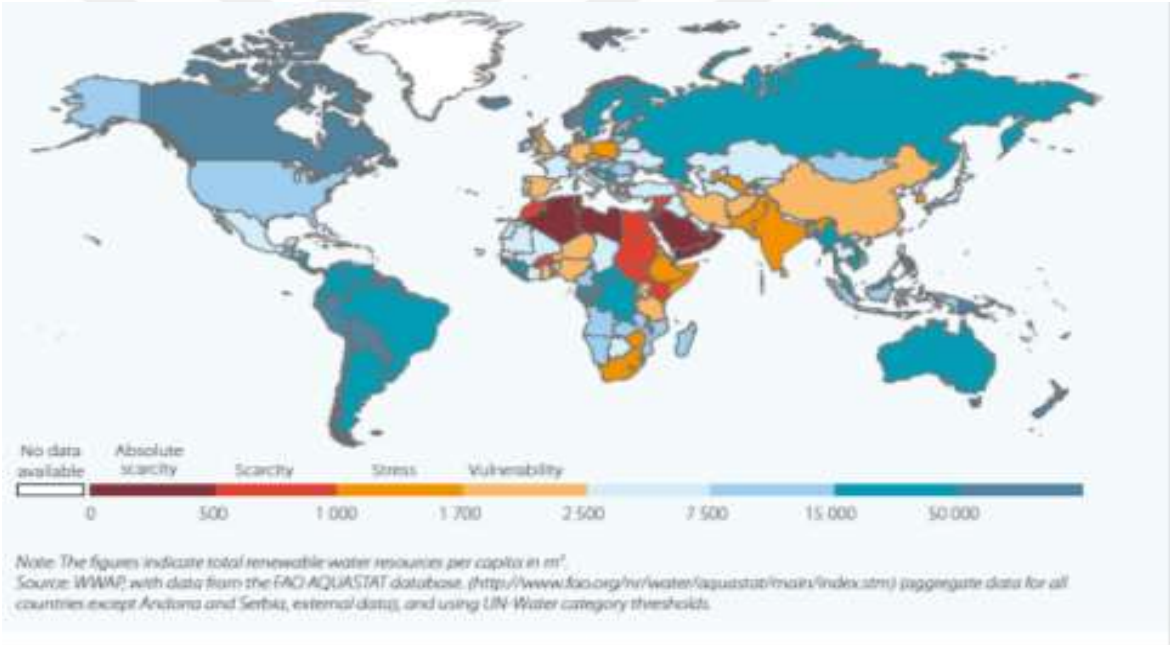
a) Anyonik retarderler: Katyonik boyarmaddeye affin olan anyonik retarderler boyarmadde molekülü ile kompleks oluşturmaktadır. Bu ürünlerle çalışmada, boyarmaddenin lif tarafından alınma hızı boyarmadde-retarder kompleksinin parçalanmasına bağlı olarak değişmektedir. Bu sayede farklı K-değerine sahip boyarmaddelerin aynı hızda life aldırılması sağlanabilmektedir [4].

b) Katyonik retarderler: PAC boyamada genelde katyonik yani life karşı affinitesi olan retarderler kullanılmaktadır. Bunlar, boyarmaddeden önce life bağlanırlar ve boyama süresi ilerledikçe liften ayrılarak yerlerini boyarmaddeye bırakırlar. Böylece, boyarmaddenin lif tarafından alınması geciktirilerek düzgünlük sağlanmış olur [4].

Sonuç olarak PAC liflerinin düzgün olarak boyanmasında sıcaklık kontrolü ve retarder ilavesi ile iyi sonuçlar alınmaktadır. Ancak, boyanacak lifin cinsinin bilinmediği durumlarda zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bu zorluklar da migrasyon yeteneği iyi, affinitesi düşük olan boyarmaddeler (Maxilon M) kullanılarak aşılmıştır. [4].

1.4. Tekstil Atıksuyu ve Özellikleri

UNESCO'nun World Water Assessment Programme'ı tarafından hazırlanan "3. Birlemiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporunda", dünyada bulunan toplam suyun yalnızca 35.029km^3'ü (*yaklaşık %2,527*) temiz (içilebilir) su olarak nitelendirilmektedir. Geriye kalan içilebilir olmayan suyun 1.338.000 km3 ise okyanuslar tarafından oluşturulduğu vurgulanmıştır [14].



Şekil 1.5. Kişi başı yenilenebilir toplam su kaynağı miktarı (2013) [16].

Dünyadaki toplam su miktarının %97,13'ünün okyanuslar tarafından oluştuğu bilinmektedir. Kutuplardaki buz kütleleri ve buzullar %2,24'ünü, yeraltısuları %0,61'ini, akarsular ve göllerde %0,02'sini oluşturmaktadır [15].

Su yönetimi insanlar için kritik hale geldi. Su kaynaklarının yetersizliği şimdi ciddi bir sorundur. Bu nedenle atıksuların geri dönüşümü sürdürülebilir bir geleceği korumak için dünya çapında büyük bir zorluktur [17]. Kişi başına günlük 50 litre temiz su artık temel bir insan hakkı olarak düşünülmelidir [18]. Tekstil sektörü yüksek su talebine

sahiptir [19] ve bu endüstri tarafından üretilen atık suların çoğu renklidir [20]. Birçok sentetik boya kullanır ve çok miktarda yüksek renkli atık su deşarjı yapar [21]. Boyaların, özellikle kanserojen bileşiklerin, yüzey ve yeraltı sularındaki varlığı güvenli değildir [22]. Boyama ve terbiye işlemlerinde, kayda değer miktarda atık su üretilir [23] ve biyolojik atık sularının çevre dostu, etkili işlemlere gereksinim duyması için yüksek konsantrasyonda biyolojik olarak zorlayıcı veya atıl yardımcı maddeler ve kimyasallar içerir [24]. Geleneksel arıtma yöntemlerinin büyük çoğunluğu adsorpsiyon, koagülasyon, filtrasyon ve biyolojik işlemlerden oluşur [25]. Tekstil atıklarının bileşimindeki yüksek değişkenlik nedeniyle, bu geleneksel yöntemlerin çoğu yetersiz kalmaktadır [26]. Çevresel düzenlemeler katı hale geldikçe, çeşitli atık suların göreceli olarak düşük işletme maliyetlerinde verimli arıtılması için yeni süreçlere ihtiyaç duyulmaktadır [27].

Tekstil atık suyundaki tipik kirlilik veren maddeler;

Az zararlı inorganik kirleticiler: Alkaliler, mineral asitler, nötr tuzlar (klorürler, sülfatlar, fosfatlar, silikatlar), oksitleyiciler (H_2O_2, Cl_2, ClO_2),

Orta-yüksek BOD değerine sahip ancak, biyolojik olarak kolay parçalanabilen kirleticiler: Bitkisel kökenli yağlar, haşıl maddeleri, biyolojik olarak parçalanabilen yüzey aktif maddeler, vakslar, organik asitler, indirgeyiciler,

Biyolojik olarak zor parçalanan boyalar ve polimerler: Boyalar ve optik beyazlatıcılar, birçok lif ve polimerik safsızlıklar, poliakrilat içerikli haşıl maddeleri, bitim işlemlerinde kullanılan sentetik polimer maddeler, silikonlar, köpük kesiciler,

Orta BOD yüküne sahip ancak zor biyolojik ayrışabilen kirleticiler: Yapağı kaynaklı yağlar, polivinilalkol içerikli haşıl maddeleri, nişasta eterleri ve esterleri, mineral yağlar, biyolojik olarak parçalanmaya dirençli yüzey aktif maddeler, anyonik/noniyonik yumuşatıcılar,

Önemsiz BOD değerine sahip ancak biyolojik arıtma için uygun olmayan kirleticiler: Formaldehit ve N-metilol reaktifleri, klorlu solventler ve taşıyıcılar, yumuşatıcılar, biyositler, kompleks yapıcılar (EDTA, NTA), ağırmetal tuzları şeklinde sıralanabilirler [28].

1.5. Tekstil Atıksularının Arıtılmasında Kullanılan Yöntemler

Tekstil boyalarının atık sudan uzaklaştırılması için çeşitli biyolojik ve kimyasal yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemler, fotokatalitik, sonokimyasal ve elektrokimyasal bozunma, ultrafiltrasyon, katyon değişim membranları ve fenton-biyolojik arıtma yöntemlerini içerir. Ancak, yüksek harcamalar bu yöntemleri gelişmekte olan ülkelerde sınırlı ve elverişsiz kılmaktadır. Bununla birlikte, bu işlemler daha fazla işlem ve imha gerektiren konsantre çamurlarla sonuçlanır. Kullanılan boyaların çoğu doğada sentetik olduğu için, boyaların ekonomik ve verimli katı desteğe adsorpsiyon ile çözülmesinin avantajlı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, aktif karbonla adsorpsiyonun en etkili yöntem olduğu kanıtlanmıştır [29, 30].

Tekstil atıksunun arıtılmasında kullanılan klasik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kısaca aşağıda açıklanmıştır.

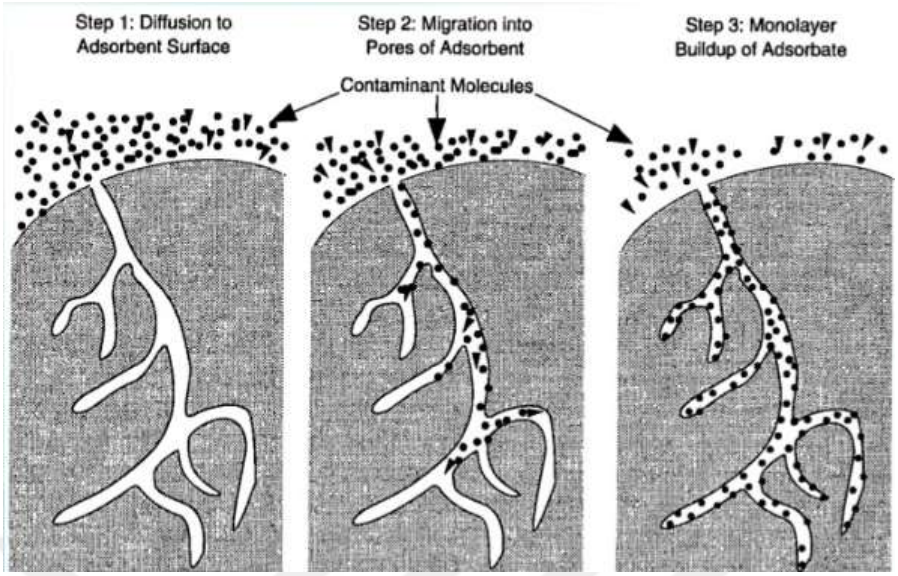
1.5.1. Fiziksel Yöntemler

Mekanik olarak yapılan arıtma işlemleri, fiziksel yöntemleri içermektedir. Bu nedenle bu arıtmaya fiziksel arıtma da denmektedir [31]. Temel fiziksel yöntemler adsorpsiyon, membran filitrasyonu, iyon değişimi şeklinde özetlenebilir.

1.5.1.1. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, bir yüzey veya arakesite maddenin toplanması ve yoğunluğunun arttırması olarak tanımlanabilir. Bu işlem herhangi iki değişik fazın ara kesitinde (sıvı-sıvı, sıvı-katı vs. gibi) meydana gelebilir. Yüzeyde tutulan maddeye "adsorplanan" veya "adsorbat", yüzeyinde tutanlara "adsorban" veya "adsorbent" denir [32].

Adsorpsiyon teknikleri konvansiyonel metodlar için fazla kararlı olan kirleticilerin arıtılmasında verimli olduklarından dolayı son yıllarda ilgi görmektedir. Adsorpsiyon ekonomik açıdan makul bir yöntemdir ve iyi bir temizleme sağlar. Adsorpsiyon prosesi, boya/sorbent etkileşimi, adsorbanın yüzey alanı, tanecik büyüklüğü, sıcaklık ve pH ve temas süresi gibi pek çok fiziko-kimyasal faktörün etkisi altındadır [33].



Şekil 1.6. Adsorpsiyon mekanizması [34].

1.5.1.2. Membran Filitrasyonu

Membran sistemlerin çalışma prensibi, farklı iyon konsantrasyonuna sahip olan ve aralarında yarı geçirgen (bazı maddelerin geçişine izin verirken, bazılarına izin vermeyen) membran bulunan iki çözeltinin ozmatik basınç vasıtasıyla iyon konsantrasyonlarının eşitlenmesinden ibarettir [60]. Membran bazlı ayırma işlemleri tekstil atıksularının arıtılmasında kademeli olarak alternatif bir yöntem haline gelmiştir. Membran proseslerinin uygulanması, yüksek uzaklaştırma etkilerinin yanı sıra suyun yeniden kullanılmasına izin verir [35].

1.5.1.3. İyon Değişimi

Bu yöntemde atıksu, mevcut değişim bölgeleri doygunluğa erişene kadar iyon değiştirici reçineler üzerinden geçer. Böylelikle atıksudaki hem anyonik hem de katyonik boyalar uzaklaştırılabilmektedir [36]. Yöntemin avantajları, rejenerasyonla adsorban kaybının bulunmaması, çözücünün kullanıldıktan sonra iyileştirilebilmesi ve çözünebilir boyaların etkin şekilde giderilebilmesidir [37].

1.5.2. Kimyasal Yöntemler

Uzun yıllardır en çok rağbet gören yöntemlerden biri tekstil atıksularının kimyasal yöntemler ile arıtılması olmuştur. Kullanılan su miktar ve arıtmaya gelen suyun

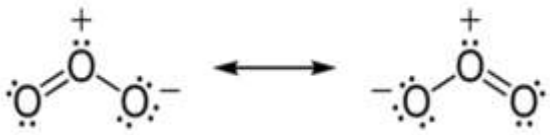
karakteristik özellikleri boyahanede boyama işlemi yapılırken kullanılan yöntem, proses ve dozlara göre değişiklik göstermektedir [33]. Temel kimyasal yöntemler olarak; oksidasyon, elektrokimyasal ve kimyasal floklaştırma ve çöktürme yöntemleri olarak ifade edilebilir.

1.5.2.1. Oksidasyon

Bu işlem, kimyasal maddeler kullanılarak renk gideriminin sağlandığı bir metot olmakla beraber, kimyasal yöntemler içerisinde en fazla uygulanan prosestir. Bu işlemde temel oksitleyici ajan olarak hidrojen peroksit (H_2O_2)kullanılmaktadır. Oksidatif proseslerde boya molekülündeki aromatik halka kırılarak atıksudan boya arıtılmış olur [36]. Bu amaçla ozon da kullanılabilmektedir.

Ozon (O_3), E0 = 2.07 V'luk bir elektrik potansiyeline sahip güçlü bir oksidan olarak bilinir ve bu alandaki çalışmalara göre, ozonun organik bileşiklerin çoğunun sulu çözeltileri içinde etkili bir şekilde bozunabileceği görülmüştür [38].

Şekil 1.7'de ozonun rezonan yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Ozonun rezonan yapısı [39]

1.5.2.2. Eletrokimyasal Yöntem

Elektrokimyasal teknolojinin kullanımı 1970'lere rastlamaktadır. Bu teknoloji Kuzey Amerika'da yaygın olarak ağır metallerin gideriminde kullanılmaktadır [33].

Boyar madde gideriminde kimyasal maddenin oldukça az kullanıldığı, arıtım sonucunda etkili bir boya gideriminin sağlandığı ve çamurun oluşmadığı bir yöntemdir [36].

1.5.2.3. Kimyasal Floklaştırma ve Çöktürme Yöntemi

Bu yöntemde floklaşma ve çökelme kimyasal maddeler yardımıyla sağlanır. Atıksuya katılan kimyasal maddeler yardımıyla meydana gelen floklaşma ile çözünmüş maddeler

ve kolloidler giderilirler. En çok kullanılan kimyasallar arasında, $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $FeSO_4$, Poli alüminyum klorür, Mg^{+2} tuzları vardır. Kireç ve çeşitli polielektrolitler yardımcı madde olarak kullanılmaktadır [37].

1.5.3. Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Tekstil atıksuyu içerisinde bulunan boyar maddelerin çeşitliliği ve temel yapı taşları arasındaki kuvvetli bağlardan dolayı ilgili sektör atıksuyu arıtılmasında renk büyük bir problem oluşturmaktadır. Biyolojik arıtma olarak nitelendirdiğimiz kısım ise arıtma denildiğinde birçok sektörün atıksu arıtımında karşımıza çıkan en önemli arıtma kısmı ve yüksek verim anlamına gelmektedir. Bu atıksuyun bileşenlerinin de yüksek çevre dirençleri ise biyolojik arıtmada karşımıza aşılması güç bir problem olarak çıkmaktadır [40].

Bu yöntem aerobik ve anaerobik olmak üzere iki başlık altında ifade edilebilmektedir.

1.5.3.1. Aerobik Yöntem

Aerobik arıtımda en sık kullanılan yöntem aktif çamur yöntemidir. Aktif çamur sistemi dengeleme, havalandırma, çöktürme ve temizleme süreçlerinden oluşur. Aktif çamur kolloidal çözünmüş maddelerin mikroorganizmalar ile çökebilir biyolojik floklara dönüştürüldüğü süreçtir ve bu süreçte havalandırma havuzu içindeki mikroorganizmaların askıda tutulması esastır. Biyolojik arıtma ünitesi, havalandırma sonucu organik maddelerin askıda büyüyen mikroorganizmalar tarafından parçalanması prensibiyle çalışır [41].

1.5.3.2. Anaerobik Yöntem

Anaerobik arıtım oksijensiz ortamda gerçekleştirilen arıtma aşamalarından oluşur. Organik maddelerin oksijensiz ortamda metan, karbondioksit ve suya dönüştürüldüğü bir süreçtir. Bu yöntemle tekstil atıklarının% 60-70'inde bulunan ve klasik yollarla arıtılamayan azo boyalar ve diğer çözünür boyalar dekolorize edilirler. Bu işlem oksidasyon redüksiyon mekanizmaları ile gerçekleşir. Anaerobik sistemin büyük bir avantajı biyogaz üretimidir. Oluşan biyogaz ısı ve güç kaynağı olarak yeniden kullanılabilir ve enerji maliyetini düşürür. Birçok atıksu çeşidi için uygulanabilmesi,

enerji gerektirmemesi, hatta fazladan enerji üretebilmesi, düşük teknolojiyle çalışabilmesi ve maliyetinin düşük olması gibi avantajlara sahiptir [41].

1.6. Tekstil Atıksuyu ile İlgili Literatür Çalışmaları

Adsorpsiyon teknikleri, belirli kirletici sınıflarını özellikle de biyolojik olarak parçalanamayan sulardan uzaklaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır [42].

Bir çalışmada Güneş ve Atav (2017), temel boya atıklarının renginin giderilmesi için fındıkkabuklarını adsorban olarak kullanmış ve bu atıkların kullanılabilirliğini göstermiştir [43]. Benzer şekilde, Arami ve diğerleri, (2005) tekstil boyalarının sulu çözeltilerden portakal kabuğu ile çıkarılması üzerinde çalışmışlardır [22]. Başka bir çalışmada, hindistan cevizi kabukları, test edilmiş tekstil boyalarının çıkarılması için düşük maliyetli bir alternatif adsorban olarak sunulmuştur [44]. Aynı şekilde, Asid Black 26, Asid Green 25 ve Asid Blue 7'nin çam kozalağı üzerine adsorpsiyonu da araştırılmıştır [45]. Farklı olarak Hassani ve arkadaşları (2015), sulu çözeltideki bir tekstil boyasını adsorbe etmek için kalsiyum aljinat içerisinde immobilize edilmiş montmorillonit kili ve renkli çözeltilerin işlenmesinde etkili bir adsorban olacağını bildirmiştir [46]. Başka bir çalışmada, dikenli armut kabukları, brokoli sapları ve beyaz sapote tohumlarından aktive edilmiş karbonlar hazırlanmış ve farklı boyaların adsorplanmasında kullanmışlardır ve bu bitkisel kalıntıların kullanılabilirliği bu sayede bildirilmiştir [47]. Başka bir çalışmada, Tahir ve arkadaşları, (2016) okaliptüs anfforoidleri kabuğunu, tekstil atıklarından oluşan boyaların adsorpsiyonu için etkin ve düşük maliyetli bir adsorban olarak sunmuşlardır [48]. Başka bir çalışmada, NaOH ile modifiye edilmiş pirinç kabuğu doğrudan Direkt Red 81'in ve Metilen Mavisinin adsorpsiyonu için test edilmiştir, Metilen Mavisi için daha iyi sonuçlar bulmuşlardır [49]. Mor ve arkadaşları, (2018) çalışmalarında tekstil endüstrilerinden kaynaklanan atık suların arıtılmasında maliyet etkin ve verimli adsorban olarak hidro termal olarak değiştirilmiş uçucu kül önermişlerdir [50]. Yamani ve arkadaşları, (2018) yaptıkları bir çalışmada Basic Blue 41 boyasını arıtmak için yüzey aktif madde kaplı manyetit nano parçacıkları kullanmışlar ve 30 dakikada sistemin dengeye geldiğini bulmuşlardır [51]. Eletta ve arkadaşları (2018), talaştan elde ettikleri adsorbanla tekstil atıksuyunda renk giderimi yapmayı başarmışlardır [52]. Gunturu ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları çalışmada, Thespesia populnea tohumlarından elde edilen bir biyosorbentin etkinliği,

temel tekstil boyası Metilen Mavisinin sulu bir çözeltiden uzaklaştırılması yönünde araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, biyosorbantın, bazik tekstil boyalarının çıkarılması için uygun bir düşük maliyetli alternatif olabileceğini söylemişlerdir [53]. Dutta ve arkadaşları (2018), karbon nano tüp kullanılarak Metil Turuncu ve Rhodamine B'yi tekstil atık suyundan adsorpsiyon ve UV destekli fotokataliz yöntemiyle uzaklaştırmışlardır [54]. Toumi ve arkadaşları (2019), yaptıkları çalışmada Metilen Mavisi ve Basic Blue 28 boyasında renk giderimi sağlamak için Algerian zeytin işleme atıklarından yararlanmışlardır [55]. Yine başka bir çalışmada Montes-Alba ve arkadaşları (2019), ayçiçeği sapını adsorban olarak kullandıkları çalışmalarında Asid Red 114 ve Basic Blue 3 boyasını atıksudan adsorplamayı başarmışlardır [56]. Fegousse ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada, ananas kabuğu kullanarak Metilen Mavisi, Parlak Yeşil ve Kongo Kırmızısı içeren üç boya karışımının sulu ortamından adsorplanmasını yapmışlardır [57]. Laib ve arkadaşları (2019) geri dönüştürülmüş kağıt hamuru kullanarak Basic yellow 28 boyasını sulu ortamdan adsorplamayı çalışmışlardır [58]. Saechiam ve Sripongpun, (2019) yaptıkları çalışmalarında Malehit Yeşili içeren atıksuyu muz kabuğu kullanarak adsorplamışlardır [59].

Bu çalışmanın amacı, bir pamuk ipliği eğirme hattındaki farklı teleflerin, renkli bazik boya içeren banyolardan renk gideriminde kullanılabilirliğini göstermektir. Bu atıklar da ekonomik bir değere sahiptir, çünkü yine de farklı miktarlarda pamuk lifi vardır, bu nedenle tekstil fabrikalarında farklı şekilde değerlendiriyorlar. Ancak bu şekilde, tekstil terbiye fabrikaları için yeni bir atık yönetimi zinciri sunmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, farklı telefler ve renk giderim işlemleri analiz edildi.

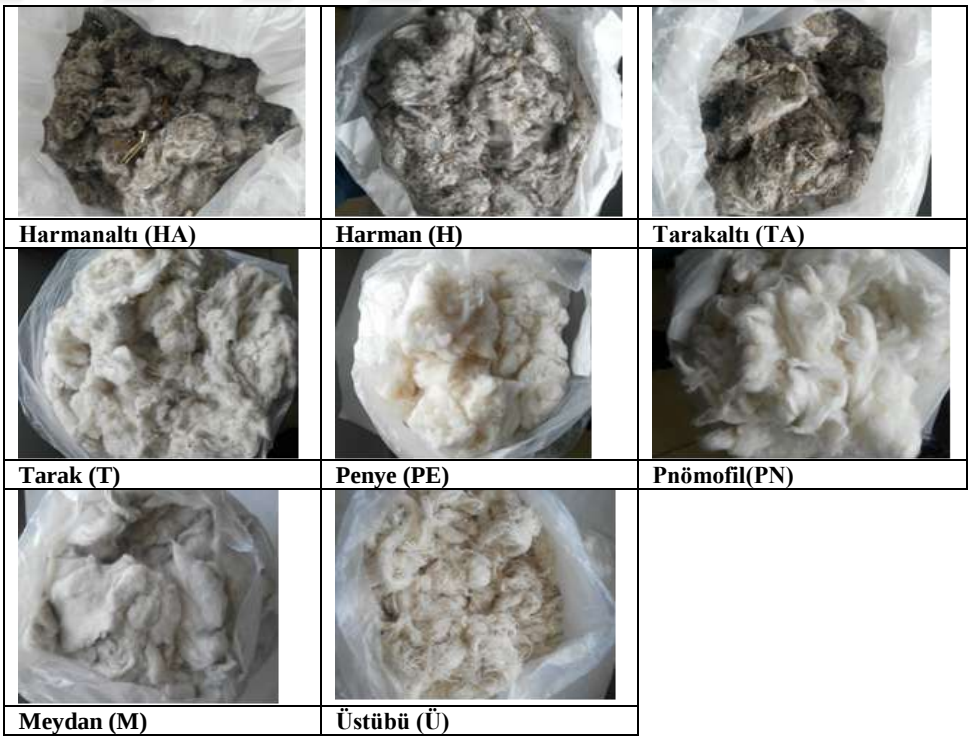
2. BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Kullanılan Materyal ve Malzemeler

2.1.1. Renk Giderimi için Kullanılan İplikhane Telefleri

Bu tez çalışması kapsamında, pamuk ipliği üretim hattına ait iplikhane telefleri kullanılmıştır. İplikhane teleflerinin bir kısmı işletmede üretimden gelen teleflerin biriktirildiği bölümlerden, bir kısmı ise direkt olarak üretimde kullanılan cihazların teleflerin biriktiği haznelerinden temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan iplikhane teleflerine ait görseller Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. İplikhane telef numunelerine ait görseller ve kodları

Bu bağlamda tez kapsamında kullanılan ve Şekil 2.1'de gösterilen teleflerin ne olduğu ve iplikhanenin hangi bölümlerinden temin edildiği aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Harmanaltı Telefi: Uniflex ve uniclean makinelerinin alt/iç kısmında biriken döküntülerdir.

Tarakaltı Telefi: Tarak makinelerinin alt kısmında biriken ve otomatik süpürgelerin çekemediği döküntülerdir.

Harman Telefi: Harman makinelerinden otomatik süpürgeler yardımıyla toplanan döküntülerdir.

Tarak Telefi: Tarak makinelerinden otomatik süpürgeler yardımla toplanan döküntülerdir.

Meydan Telefi: İplikhane dairesinden gezici süpürgeler ve kanallar yardımla toplanan döküntülerdir.

Penye Telefi: Penye makinelerinden otomatik süpürgeler yardımıyla toplanan döküntülerdir.

Pnömofil Telefi: Ring makinelerinin eğirme bölümünde biriken uçuntu liflerden oluşan döküntülerdir.

Üstübü Telefi: Ring makinelerinde dolanan, kopan ipliklerin toplanmasıyla elde edilen döküntülerdir.

2.1.2. Kullanılan Kimyasallar ve Boyarmaddeler

a. Kullanılan Kimyasallar

Amonyak (% 25): Tekkim marka

Asetik Asit (%80): Tekkim marka sıvı madde

Retarder: Akretar BRC

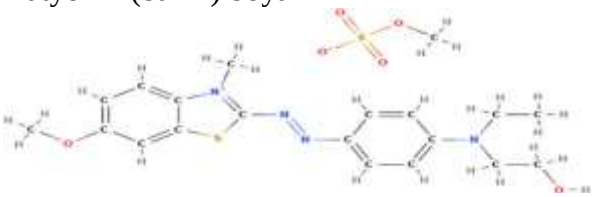
Sülfürik Asit: Tekkim marka

Sodyum hidroksit: Merck marka

Sodyum karbonat: Merck marka

b. Boyarmaddeler

Basic Blue 41 (BB41): Katyonik (bazik) boya



Taiacryl Red FBL-T %220 (BR46): Katyonik (bazik) boya

Taiacryl Blue GRF-T %200 (BBD:) Katyonik (bazik) boya

2.1.3. Boyamada Kullanılan Akrilik Lifi

Boyama deneyinde kullanılan akrilik life ait teknik özellikler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Boyamada Kullanılan Akrilik Elyafı Özellikleri

Akrilik Elyafı Özellikleri	
Ortalama Elyaf Uzunluğu (mm)	150 mm
Ortalama Elyaf Kalınlığı (Dtex)	8.9 Dtex
Ortalama Elyaf Mukavemeti (gr/tex)	18-26

2.1.4. Cihaz ve Makineler

Analitik Terazi: Numune ağırlık ölçümü için Pioneer OHAUS marka hassas terazi kullanılmıştır.

Çalkalamalı İnkübatör: Falkon tüplerin ve erlenlerin içerisine konularak adsorpsiyon deneylerinin gerçekleştirilmesi için IKA KS 4000 i Control marka çalkalamalı inkübatör kullanılmıştır.

Etüv: Teleflere ön ısıl işlem uygulamak için Termal marka etüv kullanılmıştır.

Kül Fırını: Teleflere ön ısıl işlem uygulamak için Protherm Furnaces marka cihaz kullanılmıştır.

Laboratuvar Tipi Boyama Makinesi: Akrilik elyafının boyama işlemleri Termal marka numune boyama makinesinde gerçekleştirilmiştir.

Öğütücü: Teleflerin boyutlarının küçültülüp yüzey alanlarının genişletilmesi için Fakir Aromatic marka ev tipi öğütücüden yararlanılmıştır.

pH Metre: pH ayarı için WTW pH 3210 marka cihaz kullanılmıştır.

Santrifüj: Adsorpsiyon işlemi sonrasında telefleri atık suların içerisinde çöktürmek için Nüve NF 800 marka santrifüj cihazından yararlanılmıştır.

Spektrofotometre: Boyanmış akrilik elyaflarının CIE L*a*b* değerlerini ve renk verimliliklerini incelemek için Konika/Minolta 3600d marka spektrofotometre kullanılmıştır.

UV/Vis Spektrometre: Adsorpsiyon işlemi sonrasında renk giderimini ölçmek için PG Instruments T70 UV/Vis Spektrometre markalı cihaz kullanılmıştır.

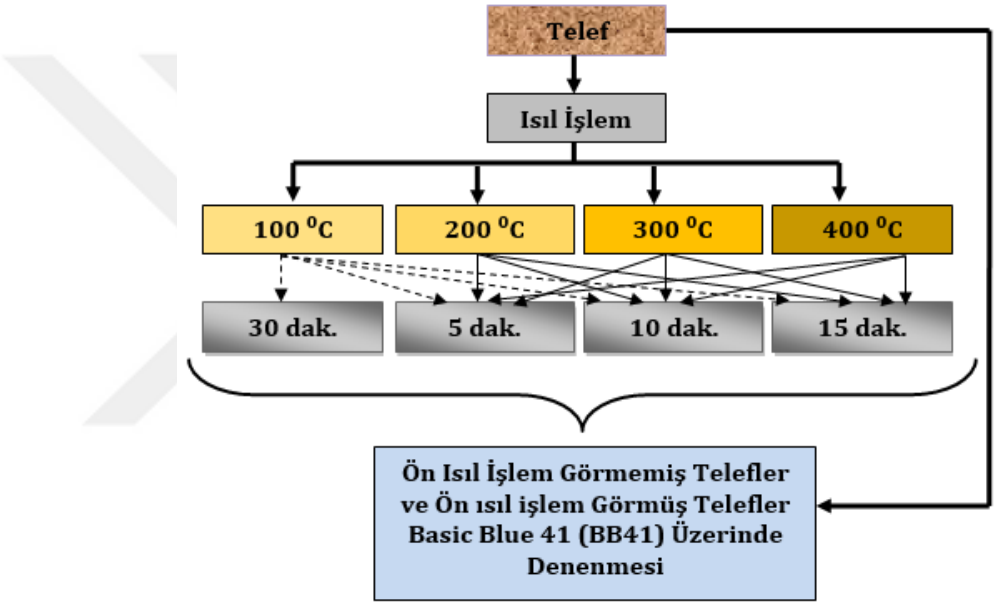
2.2. Yöntem

Çalışma temelde iki adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda iplikhane teleflerinin bazik boya adsorpsiyon yeteneklerini araştırmak için BB41 boyası ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan boya çözeltilerinden renk giderimi üzerine telef tipinin, konsantrasyonunun, teleflere uygulanan ön işlemin ve adsorpsiyon süresinin etkisinin araştırılması planlanmıştır. İkinci adımda ise seçilen boyalarla boyanan akrilik liflerinin renkleri ölçülmüş ve boyama sonrası açığa çıkan atık boya banyolarından renk gideriminin teleflerle nasıl sağlanabileceği incelenmiştir.

2.2.1. Basic Blue 41 (BB41) Boyası ile Yapılan Renk Giderim Deneyleri

Deneysel çalışmaların bu kısmında temin edilen iplikhane teleflerinin bazik boya adsorplama kapasiteleri ve renk giderimi yetenekleri değerlendirilmiştir.

İplikhane teleflerin temin edildikten sonra öğütülerek yüzey alanları genişletilmiştir. Daha sonra hem ön ısıl işlem görmemiş telefler hem de farklı sıcaklık ve farklı sürelerde ön ısıl işleme (kurutma/yakma/kömürleştirme) tabii tutulan telefler öncelikli olarak Basic Blue 41 (BB41) boyasını adsorplama yetenekleri açısından değerlendirilmiştir. Bu bağlamda bu çalışmanın hedefi test edilen teleflerden en iyi adsorplama yeteneğine sahip teleflerin, adsorplama yetenekleri açısından seçilmesi ve yine ön ısıl işleme ait uygulama parametrelerinin optimize edilmesidir. Bu bağlamda yürütülen deney planı Şekil 2.2'de verilmiştir.

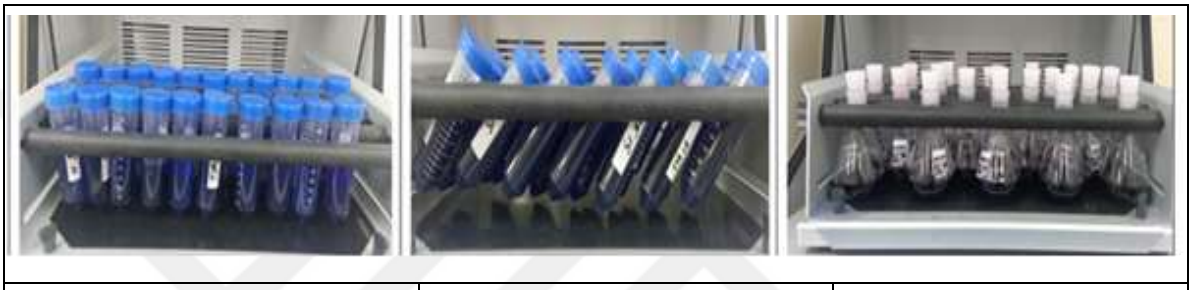


Şekil 2.2. Numunelere uygulanacak Isıl Ön İşlem parametreleri ve bazik boyaya uygulanmaları

Telefler öğütme/parçalama işlemine alınarak yüzey alanları artırılıp, ilk halinden daha homojen bir hale getirilmiştir. Bu öğütme işleminin ardından 100^{o}C sıcaklık altında 5 dk, 10 dk, 15 dk ve 30 dk; 200^{o}C, 300^{o}C ve 400^{o}C'lerde ise 5 dk, 10 dk ve 15 dk bekletilerek farklı oranlarda ön ısıl (yakma/kurutma/kömürleştirme) işlemine alınmışlardır. Isıl ön işlemden çıkan ve ısıtma işlemi uygulanmamış telefler daha sonra pH 7'de Basic Blue 41 boyasıyla hazırlanan 0,1g/L'lik boya çözeltisi kullanılarak adsorplama yeteneği üzerinden değerlendirmeye alınmışlardır. Bu amaçla 40 mL'lik (0,1 g/L Basic Blue 41 boya konsantrasyonunda) boya çözeltisi içine 0,02gr telef numunesi ilave edilmiş ve oda sıcaklığında (25^{o}C sıcaklıkta) 3 saat süreyle çalkalamalı

inkübatörde 200 rpm hızında şekil 2.3'de gösterildiği gibi 3 farklı şekilde uygulama gerçekleştirilmiştir.

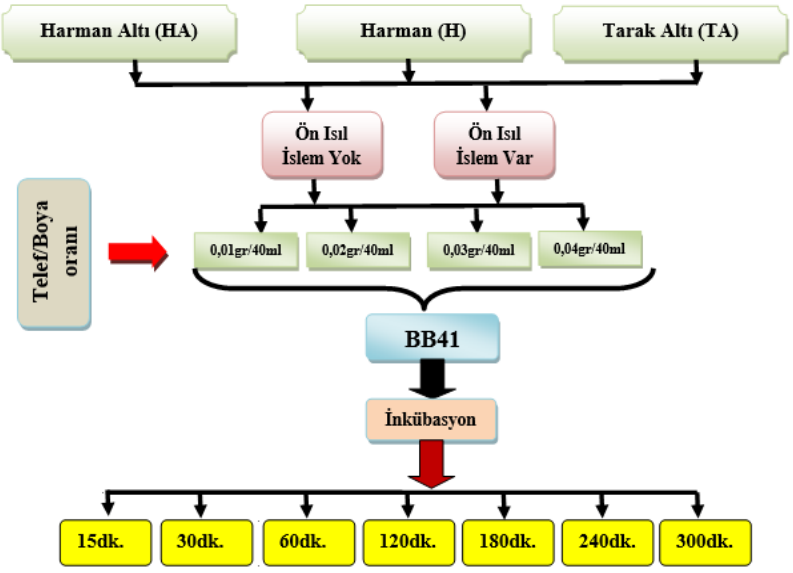
Bu işlemler esnasında telef içeren 40 ml'lik boya çözeltileri; ilk olarak makinenin içinde dik konumlandırılan 50 ml'lik falkonlarda, sonra açılı şekilde konumlandırılan 50 ml'lik falkonlar içerisinde ve en son olarak da 100 ml'lik erlenlerin içerisinde işlem görmüşlerdir. Bu sayede çalkalama/karıştırma şeklinin dolayısıyla boya telef etkileşim şeklinin etkisinin de analiz edilmesi sağlanmıştır.



Dik Falcon Deneyi	Açılı Falcon Deneyi	Erlen Deneyi

Şekil 2.3.Dik falkon deneyi, Açılı falkon deneyi ve Erlen deneyi

Burada yapılan deneylerin sonucunda en iyi adsorplama yeteneğine sahip telefler, ön ısıl işlem ve adsorpsiyon uygulama yöntemi belirlenmiştir. Buna göre seçilen telefler ve uygulama yöntemi, Şekil 2.4'te gösterilen deney planı çerçevesinde denenerek, telefin hangi inkübasyon süresinde doygunluğa ulaştığı ve işlemin ne kadar süreyle devam ettirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

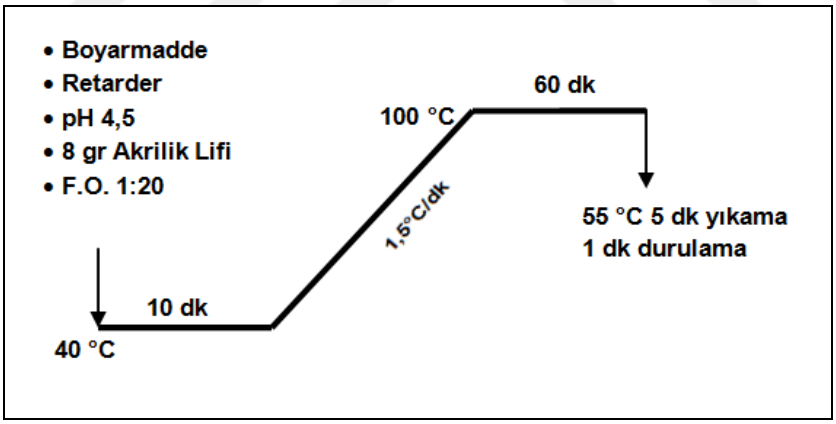


Şekil 2.4. Seçilen teleflere uygulanan deney planı

2.2.2. Akrilik Elyafının Boyanması ve Sonrası Elde Edilen Atık Boyalar ve Yıkama Atıksuları ile Yapılan Deneyler

Çalışmanın bu kısmında Basic Blue 41 (BB41), Taiacryl Red FBL-T %220 (BR46) ve Taiacryl Blue GRF-T %200 (BBD) boyarmaddeleri ile Tablo 2.1'de özellikleri verilmiş olan akrilik elyafı boyanmıştır. Yapılan bu boyama çalışması ile gerçek atık boya banyosu edilmeye çalışılmış ve teleflerin bu çıkan atık banyosunu adsorplamadaki başarısı ölçülmeye çalışılmıştır.

Boya deneyinde;8 gramlık akrilik elyafları hazırlanmıştır. Akrilik elyafının ağırlığınca %1-3-5'lik konsantrasyonlarda BB41, BR46 ve BBD boyaları hazırlanarak 1:20 flotte oranında olacak şekilde akrilik elyafları ile birlikte boyama tüplerinin içerisine alınmışlardır. %1 ve %3'lük boya konsantrasyonu içeren tüplerin içerisine %0,3'lük retarder eklemesi yapılmıştır. Tüm hazırlanan banyolar, pH 4,5 olacak şekilde ayarlanarak termal boyama makinesinin içerisine dizilmiş ve boyama işlemi başlatılmıştır. Gerçekleşen boyama işleminin grafiği Şekil 2. 5'te verilmiştir.

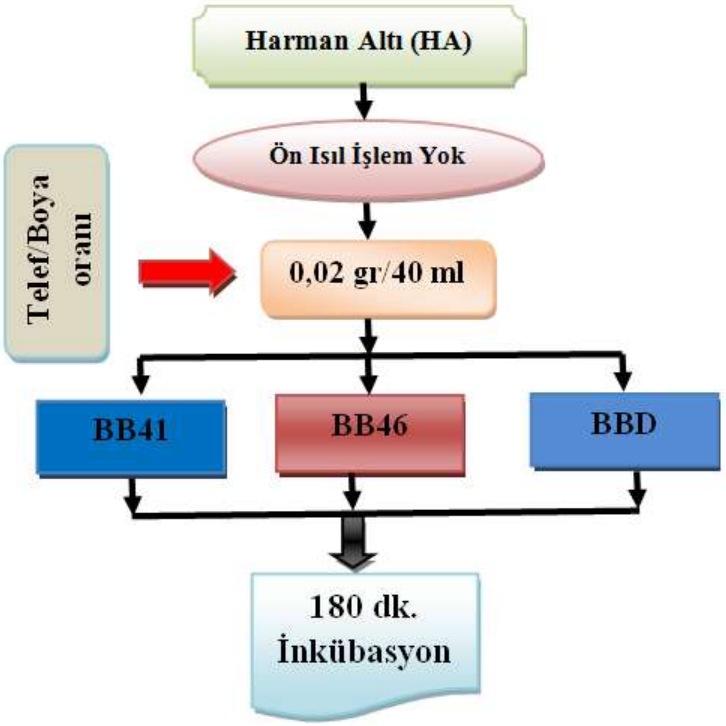


Şekil 2.5. Akrilik elyaf boyama grafiği

Boyama işleminin ardından lifler tüplerden çıkartılıp sıkılarak, 55 °C'de 5 dakika süre ile yıkanmış ve daha sonrada 1 dakika boyunca akan suyun altında durulanarak kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra liflerin renkleri, renk ölçüm cihazında ölçülerek L*a*b* ve K/S değerleri analiz edilmiştir. Yapılan boyama deneyinin sonuçları da yine Bölüm 3'te değerlendirilmiştir.

Boyama sonrasında hem tüpler içerisinde kalan boya banyosu atıkları hem de yıkama suyu atıkları, Şekil 2.6'daki deney planı çerçevesinde işleme alınarak renk giderimleri sağlanmaya çalışılmıştır.

BB41 boyası ile yapılan adsorpsiyon deneylerinde belirlenen telef, uygulama şekli ve koşulu, akrilik elyafının boyanması sonrasında elde edilen 3 farklı katyonik(bazik) boya atık banyoları ve yıkama sonrası atıksularının adsoplanmasında kullanılmıştır. Böylelikle farklı katyonik (bazik) boyalar üzerinde iplikhane teleflerinin adsorpsiyon yeteneği ve renk giderim becerisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Deney planı Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Boyama sonrası elde edilen atık boya banyosu ve yıkıma suları için yapılan adsorpsiyon deney planı

Boyama sonrası elde edilen atık boya banyoları 100 ml'lik erlenler içerisine 40 ml kadar (1:10 seyreltilerek) doldurularak, elde edilen yıkama suları ise 100 ml'lik erlenler içerisine 40 ml kadar doldurularak denemelerde kullanılmışlardır. Daha sonra bu erlenlere 0,02 gr'lık ön ısıl işlem görmemiş Harmanaltı (HA) telefleri eklenerek 25 ^{o}C'de 200 rpm hızda 180 dakika inkübasyon yapılmıştır.

Bu bölümde bahsedilen deneylerin tüm sonuçları Bölüm 3'de detaylıca incelenmiştir.

2.3. Değerlendirmede Kullanılan Analiz Yöntem

Adsorpsiyon ve boya banyolarından renk giderim işlemleri için test edilen iplikhane teleflerinin genel özelliklerinin belirlenmesi ve karakterizasyonlarının yapılması için farklı analizler uygulanmıştır. Bu sayede telefler hakkında daha fazla bilgiye ulaşılarak yapılan deneylerin yorumlanmasında bu analiz sonuçlarında yararlanılmıştır. Bunun yanında elyafların boyanmaları sonrasında elde edilen renkler ve renk özellikleri de tez kapsamında test edilmiş ve bu amaçla analizle yapılmıştır.

2.3.1. Mikroskop ile Görüntüleme

Telefleri yüzeysel görüntülemek ve yabancı madde yoğunluğunu tayin etmek için ilk olarak Olympus marka mikroskop ile görüntüleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.3.2. SEM Analizi

Teleflerin lif içeriklerini ortaya koymak ve içerik analizlerinden yararlanmak üzere ZEISS GeminiSEM marka SEM (Taramalı Elektron Mikroskopu) kullanılarak görüntüleme işlemleri yapılmıştır.

2.3.3. BET Analizi

Ön ısıl işlem görmemiş teleflerin ölçümü Micromeritics Gemini VII marka yüzey alanı ve porozite (gözeneklilik) ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler statik volumetrik metotla, dengelenmiş adsorpsiyon tekniği ile analiz tüpü ve boş denge tüpü kullanılarak, adsorplayıcı azot gazı yardımıyla BET'e göre gerçekleştirilmiştir.

2.3.4. Yabancı Madde Analizi

İşlem görmemiş teleflerdeki yabancı madde oranlarını belirlemek için hem Mesdan-Lab Çöp Analizörü 281C makinesi hem de SDL MDTA (Microdust and Trash Analyser) cihazı kullanılmıştır. Yabancı madde oranını tayin etmek için Mesdan-Lab Çöp Analizörü 281 C cihazına her bir numuneden 100 gr konularak yabancı maddelerin temizlenmesi için işlem uygulanmıştır. Daha sonra ortaya çıkan temiz pamuk numunesi, çeper, toz, çöpler tartılarak numunelerdeki yabancı madde oranı belirlenmiştir. SDL MDTA (Microdust and Trash Analyser) analiz makinesinde açık formda beslenen

yaklaşık 5 gr ağırlığındaki elyaf, açma ve temizleme işlemlerine tabi tutularak iyi lif oranı hesaplanmaktadır. Temizleme işlemi esnasında yabancı maddeler; çepel, kaba toz ve ince toz olmak üzere 3 farklı kategoriye ayrılmakta bu kategoriye girmeyenler diğer safsızlık olarak değerlendirilmektedir.

2.3.5. Boyanan Akrilik Liflerinin Renk Analizleri

Boyanmış akrilik elyaflarının CIE L*a*b* değerlerini ve renk verimliliklerini (K/S) incelemek için Konika/Minolta 3600d marka spektrofotometre kullanılmıştır. Numunelerin 3 farklı noktasından ölçümler alınarak Reflektans ve K/S değerleri hesaplanmıştır ve her numuneye ait CIE L*a*b* değerleri ölçülmüştür.

2.3.6. Adsorpsiyon/Renk Giderim Analizi

Adsorpsiyon işlemi sonrasında renk giderimini ölçmek için PG Instruments T70 UV/Vis Spektrometre markalı cihaz kullanılmıştır. Cihaz ile adsorpsiyon öncesi ve sonrasına ait boyaların adsorbans değerleri ölçülmüş ve adsorbans değerlerinden yararlanılarak adsorpsiyon verimlilikleri analiz edilmiştir.

2.3.7. Zeta Potansiyeli Analizi

Teleflerin elektriksel yükünü belirlemek için yapılan bu analizde Zetasizer cihazından yararlanılmıştır. Telefler zeta potansiyelini ölçmek için makaslama işlemi ile küçültülmüş ve saf su içerisine atılarak ölçümleri yapılmıştır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Basic Blue 41 (BB41) Boyası ile Yapılan Deney Sonuçları

3.1.1. Telef, Isıl İşlem Prosesi ve Uygulama Yöntemi Belirlemek için Yapılan Deneyler

Basic Blue 41 (BB41) boyarmaddesi kullanılarak ilk olarak, tüm teleflerde ön ısıl işlem görmemiş, farklı sıcaklık ve sürelerde ön ısıl işlem görmüş (kurutma, yakma/kömürleştirme) şekilde deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde; dik falkon, açılı falkon ve erlen kullanılarak 3 farklı uygulama yöntemi denenmiştir. Her uygulama yöntemi için pH 7'de, 0,02 gr/40 ml adsorban/boya banyosu oranında banyo ortamları hazırlanmış ve çalkalamalı inkübatör makinesinde 200 rpm hızda 25°C'de 180 dakika işleme tabii tutulmuşlardır.

Yapılan çalkalama işlemi sonrasında inkübatörden çıkarılan numuneler, satrifüjlenmiş ve 1/10 oranında seyreltilerek absorbans ölçümleri yapılmıştır. Ardından boya banyolarından elde edilen absorbans ölçüm değerlerinden yararlanarak eşitlik 1 yardımıyla her çalışma koşulu için renk giderim kapasiteleri diğer bir ifade ile adsorpsiyon verimlilikleri (%) hesaplanmıştır.

Eşitlik 1: Adsorpsiyon Verimi (%) = $(C_o-C)/C_o x100$

(C_o) Başlangıçtaki boya konsantrasyonu (g/L)*

(C) Boya banyosunun iplikhane telefleri ile inkübasyonundan sonra nihai boya konsantrasyonu (g/L)

*Başlangıçtaki boya konsantrasyonları 0,1g/L olarak ayarlanmasına rağmen denemeler esnasında her uygulama için telef ilavesiz boya banyolarının da absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerinden kalibrasyon grafikleri yardımıyla konsantrasyonlar tekrar hesaplanmış ve bu değerler her çalışma koşulu için başlangıç boya konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Bu sayede çalkalama ve ölçüm sürecinde yaşanabilecek sapmaların sıfırlanması hedeflenmiştir.

Elde edilen % Adsorpsiyon verimliliklerine ait veriler her çalışma koşulu (Falkonda dik/açılı çalışma; erlende çalışma) için ayrı ayrı tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir.

3.1.1.1. Dik Falkon Deneyi Ölçümleri

Yapılan dik falkon deneyi sonrasında Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanan % adsorpsiyon verimlilikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Dik Falkon deneylerinde elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri

Isıl Ön İşlem	HA	H	TA	T	PE	PN	M	Ü
-	40,85	34,01	30,87	29,94	13,49	19,78	19,41	15,34
100°C-5 dk.	54,42	41,33	31,97	34,35	27,04	13,78	21,77	18,03
100°C-10 dk.	53,57	37,93	41,50	23,81	17,35	21,26	20,75	17,69
100°C-15 dk.	54,00	36,36	44,36	27,09	32,36	14,36	29,45	26,55
100°C-30 dk.	49,45	39,45	28,36	33,27	17,27	27,09	27,27	19,82
200°C-5 dk.	52,69	32,19	55,07	22,09	21,58	25,34	32,19	21,58
200°C-10 dk.	58,05	39,04	34,08	32,88	29,97	25,68	25,17	25,68
200°C-15 dk.	60,10	32,02	32,19	29,28	31,85	22,09	12,67	23,8
300°C-5 dk.	12,77	17,82	27,39	18,32	7,73	8,4	15,97	24,03
300°C-10 dk.	26,39	14,96	22,69	8,74	26,05	9,58	17,31	6,05
300°C-15 dk.	25,71	14,62	14,12	15,29	20,34	25,71	14,12	8,91
400°C 5 dk.	18,22	26,21	32,71	18,40	32,16	35,32	22,12	52,97
400°C-10 dk.	22,30	23,61	36,43	25,46	22,68	36,43	47,03	35,5
400°C-15 dk.	18,59	22,49	35,87	35,69	57,43	38,48	34,39	37,17
HA: Harmanaltı; TA: Tarakaltı; H: Harman; T: Tarak; M: Meydan Telefi; PE: Penye Telefi; PN: Pnömofil; Ü: Üstübü.								

3.1.1.2. Açılı Falkon Deneyi Ölçümleri

Dik falkon deneyine benzer şekilde yapılan açılı falkon deneyi sonrasında Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanan % adsorpsiyon verimlilikleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Falkonların açılı konumlandırılmasıyla teleflerin boya banyosu içerisinde daha homojen dağılım sergilediği gözlenmiştir.

Tablo 3.2. Açılı Falkon deneylerinde elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri

Isıl Ön İşlem	HA	H	TA	T	PE	PN	M	Ü
-	64,76	52,23	39,01	32,40	39,17	31,40	34,05	22,81
100°C-5 dk.	67,88	42,47	48,28	28,49	30,49	26,86	28,13	29,04
100°C-10 dk.	69,33	54,99	46,82	36,66	24,86	26,13	24,32	12,89
100°C-15 dk.	71,96	47,84	30,10	35,88	28,25	20,00	27,84	21,44
100°C-30 dk.	68,04	49,07	36,08	44,95	23,71	23,51	19,18	21,86
200°C-5 dk.	75,40	49,38	52,02	28,12	36,73	32,51	36,91	26,89
200°C-10 dk.	70,12	44,29	48,68	34,09	35,50	33,22	32,51	24,25
200°C-15 dk.	66,80	51,32	51,49	33,22	24,25	34,97	38,66	29,53
300°C-5 dk.	21,11	10,73	26,65	9,12	21,29	6,26	11,99	13,06
300°C-10 dk.	37,21	14,31	19,32	7,33	6,44	5,19	4,65	13,42
300°C-15 dk.	15,03	17,35	6,26	11,09	14,31	14,49	23,08	5,55
400°C 5 dk.	17,20	24,19	36,02	28,85	31,72	41,94	29,03	59,32
400°C-10 dk.	17,56	40,68	40,14	33,51	33,33	69,35	36,92	43,55
400°C-15 dk.	38,71	31,90	30,47	31,54	68,64	58,06	48,57	42,65
HA: Harmanaltı; TA: Tarakaltı; H: Harman; T: Tarak; M: Meydan Telefi; PE: Penye Telefi; PN: Pnömofil; Ü: Üstübü,								

3.1.1.3. Erlen Deneyi Ölçümleri

Falkon deneylerinin yanı sıra, tüm koşullar aynı tutularak adsorpsiyon deneyleri 100 ml'lik erlenler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Buradaki amaç teleflerin boya banyosu içerisinde daha iyi hareket etmesini sağlamak ve telef/adsorban temas oranını arttırmaktır. Nitekim teleflerin banyo içerisindeki hareketleri, dik falkon deneylerine göre daha iyi bir hal almış ve % adsorpsiyon verimliliklerine de bu değişim yansımıştır.

Yapılan deneyler sonrasında Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanan % adsorpsiyon verimlilikleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. 100ml'lik Erlen deneylerinde elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri

Isıl Ön İşlem	HA	H	TA	T	PE	PN	M	Ü
-	48,01	49,74	48,70	26,77	24,35	25,91	16,41	32,12
100°C-5 dk.	53,71	38,00	57,17	25,22	9,50	17,27	18,31	18,48
100°C-10 dk.	68,89	54,19	48,89	34,53	10,26	13,33	24,27	21,03
100°C-15 dk.	61,54	45,47	38,29	29,40	17,26	19,66	21,88	22,91
100°C-30 dk	58,47	56,15	50,09	33,16	22,46	26,92	24,06	22,10
200°C-5 dk.	67,91	52,65	52,05	37,61	21,39	28,16	23,89	26,74
200°C-10 dk.	65,72	48,67	38,90	34,10	26,64	31,08	28,77	34,99
200°C-15 dk.	67,14	55,95	43,87	31,08	20,07	23,09	24,33	26,64
300°C-5 dk.	38,06	6,72	19,96	2,43	13,99	8,02	16,04	34,70
300°C-10 dk.	41,23	6,90	23,32	10,26	21,27	2,43	12,13	21,27
300°C-15 dk.	51,48	26,94	17,90	15,68	20,30	13,28	10,52	26,20
400°C 5 dk.	33,95	46,49	21,59	16,61	17,71	26,57	22,14	21,59
400°C-10 dk.	45,05	53,69	21,44	26,13	41,08	50,27	30,27	34,41
400°C-15 dk.	29,19	45,41	23,60	25,95	49,73	68,29	35,32	61,80
HA: Harmanaltı; TA: Tarakaltı; H: Harman; T: Tarak; M: Meydan Telefi; PE: Penye Telefi; PN: Pnömofil; Ü: Üstübü								

Tüm yapılan deneyler sonucunda uygulama yöntemi olarak 100 ml'lik Erlenlerle yapılan yöntem seçilmiştir. Ön ısıl işlemde ise; teleflerin hem ön ısıl işlem görmeden hem de 200°C'de 5 dakika kurutma işlemi görmüş şekilde kullanılmasına karar verilmiştir. Buradan sonraki deneylere Harmanaltı Telefi (HA), Harman Telefi (H) ve Tarakaltı Telefi (TA) ile devam edilmiştir.

3.1.2. Optimum İnkübasyon Süresinin ve Telef Miktarının Belirlenmesi için Yapılan Deneyler

Adsorpsiyon verimlilikleri için yapılan önceki deneysel çalışmalarda; uygulama yöntemi, telefler için optimum ön ısıl işlem prosesi ve en iyi adsorpsiyon yeteneğine sahip telef seçimi gerçekleştirilmiştir.

Bu kısımda yapılan deneylerde ise, belirlenen şartlar altında optimum inkübasyon süresi ve telef miktarının seçimi planlanmıştır.

Bu bağlamda şekil 2.4'te verilen deney planı çerçevesinde ulaşılan sonuçlar aşağıda tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

3.1.2.1. Harmanaltı (HA) Telefi ile Yapılan Deneyler

Optimum çalışma koşulu, süresi ve teleflerinin belirlenmesi sonucunda seçilen teleflerin ilki Harmanaltı (HA) telefi olmuştur. Harmanaltı (HA) telefi ile yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Harmanaltı (HA) telefi ile elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri

Harmanaltı (HA) Telefi Deneyleri								
	Ön ısıl işlemsiz telefler				**Ön ısıl işlemden çıkmış telefler (200^{o}C-5dk)**			
SÜRE (dk)	**0,01gr**	**0,02gr**	**0,03gr**	**0,04gr**	**0,01gr**	**0,02gr**	**0,03gr**	**0,04gr**
15	14,54	37,73	31,69	48,00	30,77	19,80	52,32	48,84
30	30,96	38,67	42,26	46,48	33,09	34,05	51,55	56,85
60	28,66	42,35	48,24	69,67	47,30	56,57	63,58	69,35
120	34,05	49,67	52,33	65,10	56,58	59,22	62,95	77,03
180	41,68	54,97	60,83	72,19	53,51	62,88	66,88	74,75
240	42,20	54,24	65,45	78,05	49,82	64,82	75,91	78,78
300	44,15	54,50	66,38	78,29	50,00	63,86	74,47	82,66

3.1.2.2. Harman (H) Telefi ile Yapılan Deneyler

Seçilen bir diğer telef ise Harman (H) telefi olmuştur. Belirlenen şartlar altında Harman (H) telefi kullanılarak yapılan deneylerin sonuçları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Harman (H) telefi ile elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri

Harman (H) Telefi Deneyleri								
	Ön ısıl işlemsiz telefler				**Ön ısıl işlemden çıkmış telefler (200^{o}C-5dk)**			
SÜRE (dk)	**0,01gr**	**0,02gr**	**0,03gr**	**0,04gr**	**0,01gr**	**0,02gr**	**0,03gr**	**0,04gr**
15	17,77	17,96	28,96	36,95	23,44	19,63	39,68	46,68
30	30,58	34,33	37,04	51,67	26,18	23,59	39,67	49,04
60	31,69	35,05	41,88	57,72	37,62	35,27	55,45	59,93
120	38,16	41,80	49,10	59,47	48,22	47,88	63,77	65,02
180	48,34	51,49	55,42	71,81	43,86	48,49	64,04	65,45
240	49,26	53,71	66,32	76,17	44,58	53,04	62,27	70,78
300	50,08	54,33	71,82	75,97	45,49	54,39	66,94	73,84

3.1.2.3. Tarakaltı (TA) Telefi ile Yapılan Deneyler

Diğer iki telefle beraber en iyi adsorpsiyon verimliliğinin elde edildiği telef Tarakaltı (TA) dır. Tarakaltı telefinin belirlenen optimum koşullar altındaki adsorpsiyon verimlilikleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Tarakaltı (TA) telefi ile elde edilen adsorpsiyon verimlilikleri

Tarakaltı (TA) Telefi Deneyleri								
	Ön ısıl işlemsiz telefler				**Ön ısıl işlemden çıkmış telefler (200^{o}C-5dk)**			
SÜRE (dk)	**0,01gr**	**0,02gr**	**0,03gr**	**0,04gr**	**0,01gr**	**0,02gr**	**0,03gr**	**0,04gr**
15	15,51	25,37	28,79	44,95	31,68	20,30	34,24	48,17
30	20,53	40,50	31,48	62,96	29,27	26,74	37,48	56,05
60	27,55	51,60	58,29	70,77	41,15	49,75	54,63	69,01
120	34,21	60,16	59,32	69,23	47,33	59,73	66,56	77,21
180	37,08	56,29	66,43	70,48	48,42	63,04	70,19	83,39
240	41,22	56,18	70,68	78,99	45,49	64,64	71,52	83,30
300	42,67	61,80	66,04	76,36	46,03	65,26	73,49	80,10

3.2. Akrilik Elyafının Boyanması ve Sonrası Elde Edilen Atık Boyalar Ve Yıkama Atıksuları ile Yapılan Deneyleri

3.2.1. Akrilik Elyafı Boyama Deneyi

Özellikleri bilinen akrilik elyafı şekil 2.4'teki boyama grafiğine uygun şekilde termal boyama makinesinde boyanmıştır. Boyamalar 8 gr'lık akrilik elyaflarına 3 farklı boyarmadde(BB41, BR46 ve BBD) kullanılarak %1-3-5 boya konsantrasyonlarında olacak şekilde asidik ortamda (pH4,5) yapılmıştır. Boyama sonrasında oluşan hem atık boya banyosu hem de yıkama atık suları alınarak adsorplama işlemi için kullanılmıştır.

Boyama sonrasında elde edilen renkli numunelerin spektrofotometrede ölçülmesi ile analiz edilmiştir. Numunelere ait renk verimlilikleri (K/S) ve CIE L*a*b* değerleri Tablo 3. 8'de sunulmuştur.

Tablo 3.7. Boyalı elyaflara ait CIE L*a*b* (D65) değerleri

	CIE L* a* b* (D65)					
NUMUNE	**K/S**	**L***	**a***	**b***	**C***	**h^o**
%1 BB41	34,72	24,95	13,6	-46,63	48,57	286,26
%3 BB41	39,01	17,87	18,56	-40,19	44,27	294,79
%5 BB41	38,07	16,7	17,57	-36,75	40,74	295,55
%1 BBD	32,12	28,9	7,11	-47,1	47,63	278,58
%3 BBD	36,12	24,62	10,63	-44,92	46,16	283,32
%5 BBD	37,77	20,03	14,22	-40,99	43,39	289,13
%1 BR46	34,22	39,73	60,12	12,46	61,4	11,71
%3 BR46	39,01	35,15	57,03	18,63	60	18,09
%5 BR46	41,02	33,41	55,53	20,91	59,33	20,63

3.2.2. Boyama Sonrası Elde Edilen Atık Boya Banyoları ve Yıkama Suları ile Yapılan Adsorpsiyon Çalışmaları

Akrilik elyafının boyanmasının ardından ortaya çıkan boyama atık banyoları ve yıkama atık suları Şekil 2.6'da verilen deney planı çerçevesinde adsorplama işlemlerine tabii tutulmuşlardır. Bu Adsorpsiyon işlemleri çalkalamalı inkübatör içerisinde 25°C'de ve 200 rpm hızda 180 dakika kesintisiz olarak gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon işlemi sonrasında banyolar satrifüjlenmiş, seyreltilmiş ve UV/Vis Spektrometre cihazında absorbans ölçümleri yapılmıştır.

UV/Vis Spektrometre cihazından alınan sonuçlar eşitlik 1 yardımıyla hesaplanarak seçilen teleflere ait % Adsorpsiyon verimlilikleri her boya için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Tablo 3.8. Teleflerin BB41 atık boya banyosu üzerindeki Adsorpsiyon verimlilikleri

BOYAMA SONRASI ATIK BANYO	
NUMUNE	**HA**
%1 BB41	49,72
%3 BB41	51,60
%5 BB41	52,34

Tablo 3.9. Teleflerin BR46 atık boya banyosu üzerindeki adsorpsiyon verimlilikleri

BOYAMA SONRASI ATIK BANYO	
NUMUNE	**HA**
%1 BR46	29,28
%3 BR46	25,11
%5 BR46	20,65

Tablo 3.10. Teleflerin BBD atık boya banyosu üzerindeki Adsorpsiyon verimlilikleri

BOYAMA SONRASI ATIK BANYO	
NUMUNE	**HA**
%1 BBD	85,36
%3 BBD	54,58
%5 BBD	37,53

Boyama sonrası atık banyolar üzerindeki deneylerin aynısı bu sefer yıkama atık suları içinde yapılmış ve elde edilen veriler aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 3.11. Teleflerin BB41 yıkama atıksuyu üzerindeki %adsorpsiyon verimlilikleri

YIKAMA SONRASI ATIK SU	
NUMUNE	**HA**
%1 BB41	39,33
%3 BB41	57,52
%5 BB41	58,17

Tablo 3.12. Teleflerin BR46 yıkama atıksuyu üzerindeki %adsorpsiyon verimlilikleri

YIKAMA SONRASI ATIK SU	
NUMUNE	**HA**
%1 BR46	79,67
%3 BR46	37,94
%5 BR46	27,54

Tablo 3.13. Teleflerin BBD yıkama atıksuyu üzerindeki %adsorpsiyon verimlilikleri

YIKAMA SONRASI ATIK SU	
NUMUNE	**HA**
%1 BBD	79,05
%3 BBD	39,78
%5 BBD	47,97

4. BÖLÜM
TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4. 1. Basic Blue 41 (BB41) Boyası ile Yapılan Deney Sonuçları

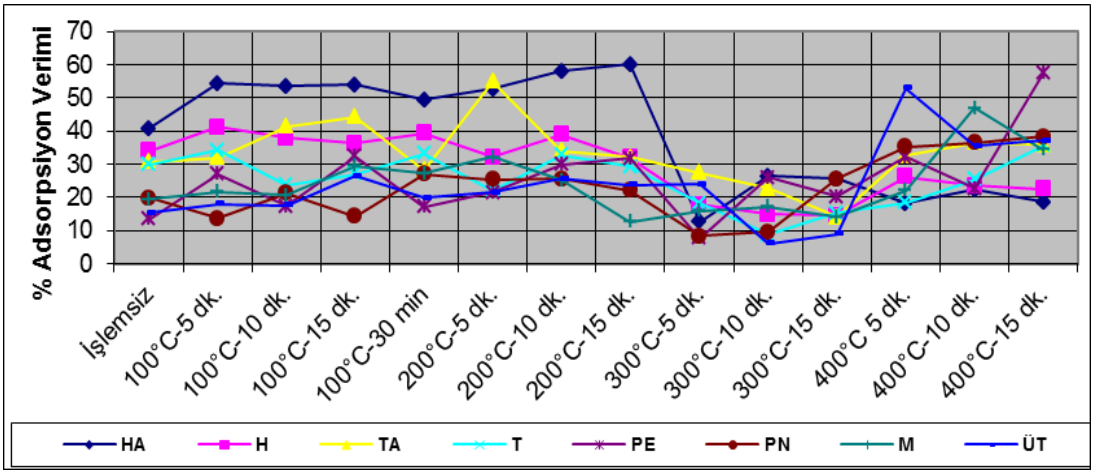
Basic Blue 41 (BB41) boyası kullanılarak yapılan deneylerin sonuçları detaylı bir şekilde yorumlanmaya çalışılmıştır. İlk olarak tüm teleflerle yapılan adsorpsiyon çalışmaları ele alınmış ve optimum çalışma koşulları ile birlikte belirlenen teleflerin neden seçildikleri konusunda bilgilendirilmeler yapılmıştır. Daha sonra belirlenen optimum çalışma koşulları ve teleflerle yapılan deneylerin sonuçları yorumlanarak bundan sonra yapılacak çalışmalar için tavsiyelerde bulunulmuştur.

4.1.1. Telef, Isıl İşlem Prosesi ve Uygulama Yöntemi Belirlemek için Yapılan Deneyler

Tüm teleflerin adsorplama ve renk giderim yeteneklerinin belirlenmesi için BB41 boyarmaddesi kullanılarak farklı ön ısıl işlemleri (işlemsiz, 100°C 5, 10, 15, 30 dakika ve 200°C, 300°C, 400°C'de 5, 10, 15 dakika) ve 3 farklı uygulama yöntemi (dik konumlandırılmış falkon, açılı konumlandırılmış falkon, erlen) ile yapılan çalışmaların sonuçları; Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te verilmiştir. Bu verilerden yararlanılarak her uygulama yöntemi ayrı ayrı ele alınmış ve deney sonuçları tartışılmıştır.

4.1.1.1. Dik Falkon Deneyleri

Dik falkon kullanılarak yapılan deneylerin sonuçlarını daha iyi yorumlayabilmek adına Şekil 4.1'de grafiklere dönüştürülmüştür. Bu sayede tüm teleflerin gördükleri ısıl işlem yöntemlerinin birbirleri arasındaki farklar net bir şekilde kıyaslanabilecektir.



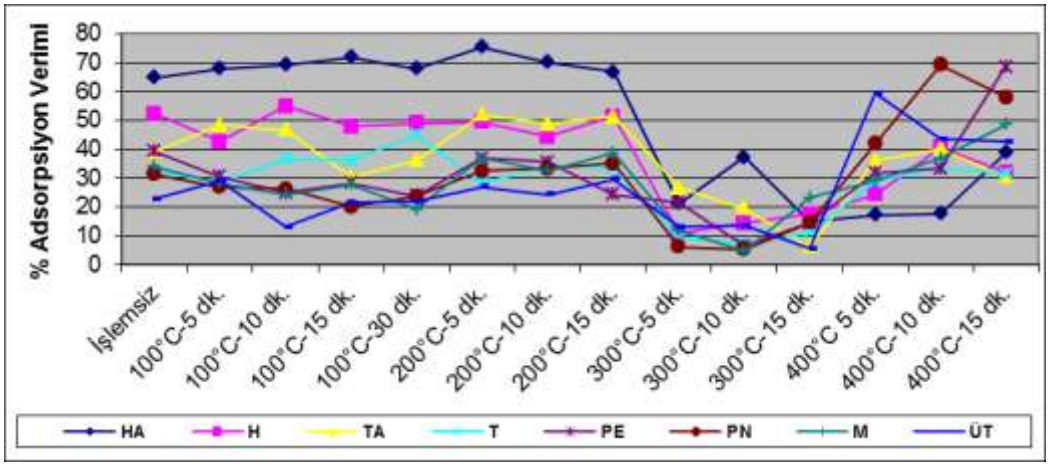
Şekil 4.1. Dik Falkon deneyleri için Proses-Adsorpsiyon Verimliliği (%) grafiği.

Elde edilen veriler incelendiğinde kullanılan iplikhane telefleri arasında genel olarak en iyi sonuçların Harmanaltı (HA) ve telefinde elde edildiği ve birçok koşulda % 50 adsorpsiyon verimliliğinin üzerine çıkıldığı görülmüştür. Harmanaltı (HA) telefinin yanında Harman (H) ve Tarakaltı (TA) telefleri de %30-40 arası adsorpsiyon verimlilikleri ile diğer teleflerden bir adım öne geçmişlerdir. Ayrıca teleflere uygulanacak işlemlerle çok daha yüksek adsorpsiyon verimliliklerinin elde edilebileceği görülmüştür.

Uygulanan ısıl işleme bakıldığında genelde 200^{o}C-15 dakikaya kadar tüm telefler adsorpsiyon verimi artarken, 300^{o}C'de işlem görmüş teleflerde adsorpsiyon verimlilikleri düşmüş, fakat 400^{o}C'de ısıl işlem uygulandığında, teleflerin adsorpsiyon verimliliklerinde tekrardan artış gözlemlenmiştir.

4.1.1.2. Açılı Falkon Deneyleri

Diğer uygulama yönteminde olduğu gibi burada da sonuçların daha iyi yorumlanabilmesi için grafik haline getirilmiştir. Şekil 4.2'de oluşturan grafik verilmiştir.



Şekil 4.2. Açılı Falkon deneyleri için Proses-Adsorpsiyon Verimliliği (%) grafiği.

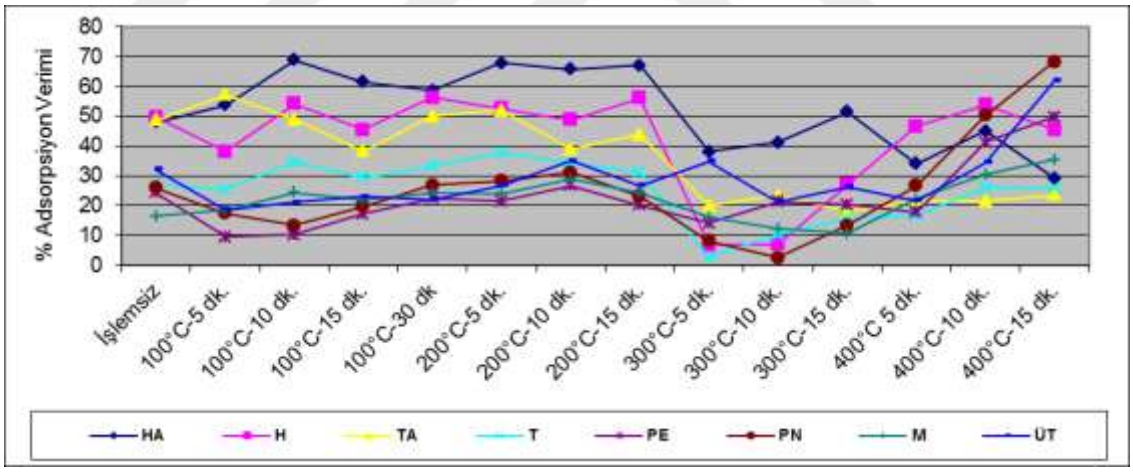
Açılı şekilde yerleştirilmiş falkonlarla yapılan denemeler sonrasında da teleflerin dik şekilde konumlandırılmış falkonlarda yapılan çalışmalardakine benzer eğilimi gösterdikleri görülmektedir. Öte yandan karıştırma etkisinin daha fazla olduğu bu inkübasyon şeklinde ısıl ön işlemlerin ve telef tipinin etkilerinin daha açık bir şekilde görülebileceği anlaşılmıştır. Burada da yine 300^{o}C'de yapılan ön ısıl işlemin adsorpsiyon verimliliği açısından bir avantaj sağlamadığı 400^{o}C'deki ön ısıl işlemin de yine içerik olarak pamuk lifinin daha fazla bulunduğu Üstübü (Ü), Pnömofil (PN) ve Penye (PE) teleflerinde bir avantaj teşkil edebileceği görülmüştür. Genel değerlendirme yapıldığında da yine en yüksek adsorpsiyon verimliliklerinin Harmanaltı (HA), Tarakaltı (TA) ve Harman (H) teleflerinden elde edildiği görülmüştür. Bu telefler arasında Harmanaltı (HA) telefine ön ısıl işlem yapılmadan da yüksek adsorpsiyon verimliklerinin elde edilebileceği görülmüştür. Ön ısıl işlemlerden ise bu üç telef için en uygun uygulamanın 200^{o}C'de yapılan uygulamalar olabileceği görülmüştür. Nitekim bu üç telefe (Harmanaltı (HA), Tarakaltı (TA) ve Harman (H)) 300-400^{o}C'de yapılacak işlemlerin pek fazla avantaj sağlamadıkları gözlemlenmiştir.

Ayrıca falkonlarla yapılan inkübasyon işlemleri esnasında test edilen yerleştirme formlarının boya adsorpsiyonu açısından önemli olabileceği de tespit edilmiştir. Boyaların teleflere adsorpsiyonunun açılı formda yerleştirilen falkon çalışma şeklinde, genel olarak dik formda yerleştirilen falkon çalışma şeklinden daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Adsorpsiyon verimleri açısından, adsorbentin boya çözeltisi ile etkileşiminin önemli olduğu bilinmektedir. Dik formda yerleştirilen falkon çalışma şeklinde sınırlı dönme alanı nedeniyle, büyük olasılıkla telefler banyoda sınırlı bir

dağılım ve temas yüzeyi bulurlarken, banyonun açılı formda yerleştirilen falkon çalışma şeklinde ekstradan yukarı ve aşağı sallanması sayesinde, telefler banyoda dağılım ve temasının daha iyi olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle ısıl ön işlem görmemiş teleflerin adsorpsiyon verimlerinin açılı formda yerleştirilen falkon çalışma şeklinde daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

4.1.1.3. Erlen Deneyleri

Şekil 4.3 incelendiğinde yine teleflerin ön ısıl işlem görmüş hallerinin diğer uygulama şekillerindeki ile benzer olduğu anlaşılmıştır. Bu uygulama şeklinde de 300^{o}C'de uygulanan ön ısıl işlemin bir avantaj sağlamadığı, 400^{o}C'deki ön ısıl işlemin özellikle pamuk lif içeriği yüksek olan telefler için avantaj teşkil edeceği anlaşılmıştır. Pamuk elyaf içeriği düşük olan teleflerde ise ifade edildiği gibi ısıl ön işleme gerek kalmadan boya adsorpsiyon yeteneklerinin yüksek oldukları fakat genel olarak 200^{o}C'lik bir ön ısıl işlem ile verimliliklerin kısmen de olsa arttırılabildiği görülmüştür.



Şekil 4.3. 100 ml'lik Erlen deneyleri için Proses-Adsorpsiyon Verimliliği (%) grafiği

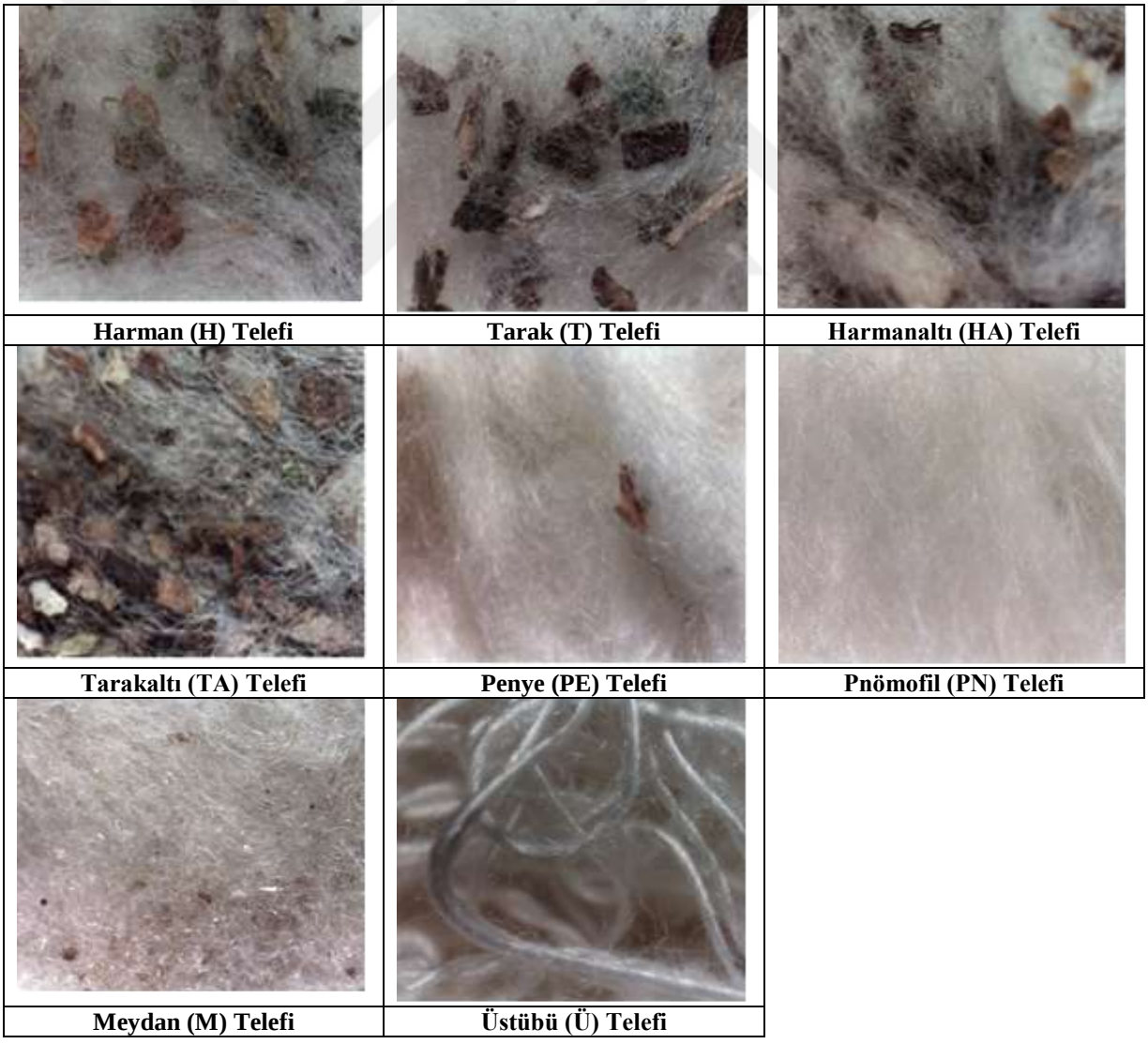
Ön ısıl işlemsiz ve 200^{o}C-5 dk işlem görmüş teleflerin adsorplama yeteneklerinin yakın olması nedeniyle bundan sonraki çalışmalara bu iki yöntemle devam edilmiştir.

Sonuç olarak;

Yapılan deneyler sonrasında her 3 uygulama yönteminde de özellikle Harmanaltı (HA) teleflerinin daha etkili bir adsorpsiyon özelliği göterdiği ve ısıl ön işlem olmadan da

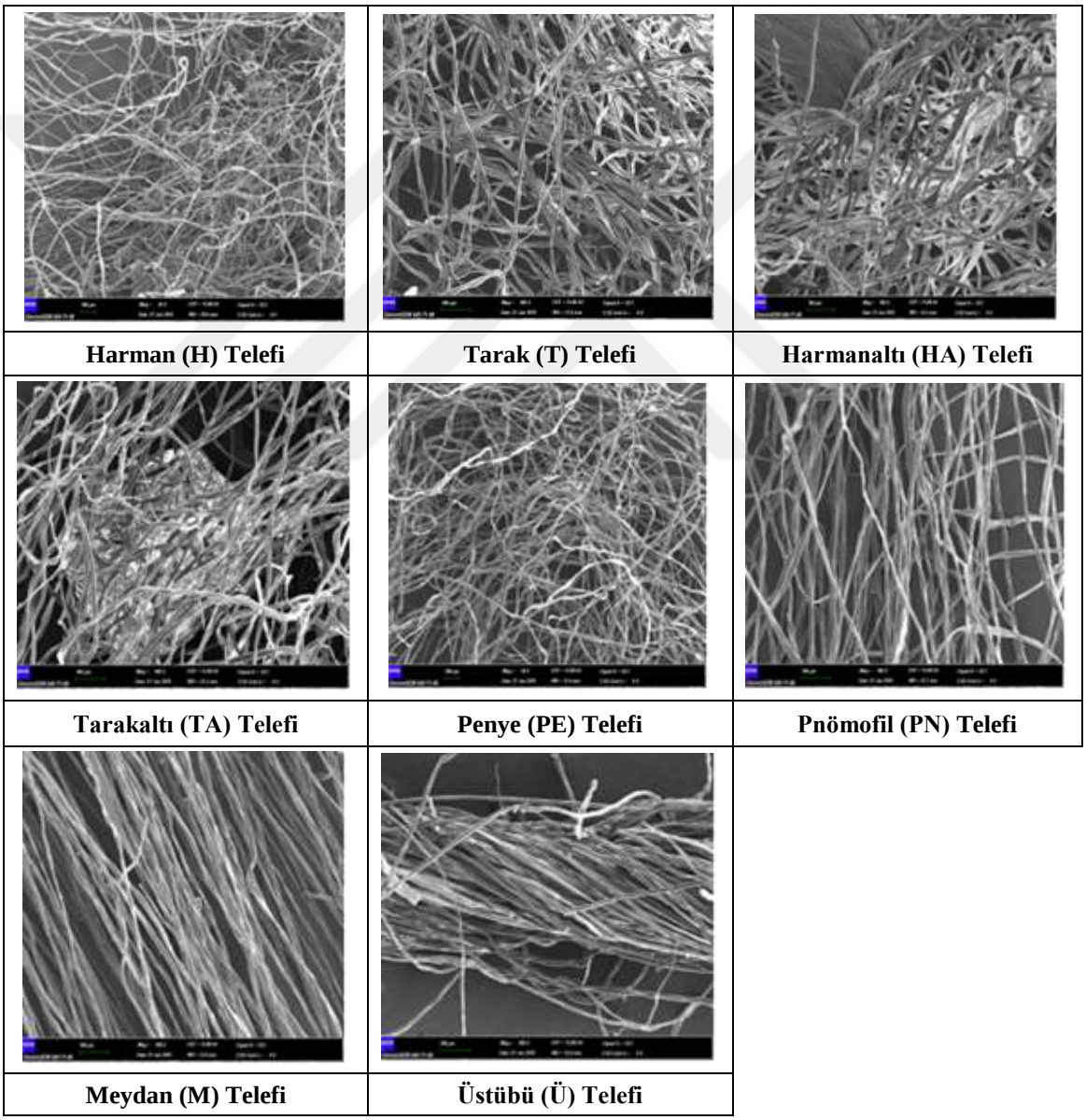
etkili sonuçların alınabileceği anlaşılmıştır. Fakat bu etkinin farklılığını daha iyi anlamak için teleflerin çeşitli özellikleri de incelenmiştir.

İplikhanenin çeşitli yerlerinden alınan teleflerin seçilmesi için yapılan bu deneylerde, teleflerin içerdikleri yabancı madde oranlarının adsorpsiyon üzerinde etkilerinin önemli olduğu anlaşılmıştır. Liflerin karkterizasyon işlemleri incelendiğinde aralarındaki farkların boya adsorplamada kendini nasıl gösterdiği daha net anlaşılabileceği düşünüldüğünden teleflerin karakteristik özellikleri de incelenmiştir. Bu arada önce teleflere ait mikroskop görüntüleri alınmıştır. Şekil 4.4'te Olympus marka mikroskopla yapılan 10x büyütmelerde de görüleceği üzere, her telefin içerdiği yabancı madde oranı birbirlerinden farklıdır.



Şekil 4.4. Mikroskop görüntüleri

Mikroskop görüntüleri incelendiğinde özellikle Harman (H) telefi, Tarak (T) telefi, Harmanlatı (HA) telefi ve Tarakaltı (TA) telefi diğer teleflere göre daha fazla yabancı madde içermektedir. Bunların dışında Penye (PE) telefi, Pnömofil (PN) telefi ve Meydan (M) telefine bakıldığında lif oranlarının yabancı madde oranına göre yüksek olduğu görülmektedir. Üstübü (Ü) telefinin ise iplik formunda olduğu ve gözle görülür bir yabancı madde barındırmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca; Teleflerin SEM görüntüleri de 100x büyütme için alınmıştır.



Şekil 4.5. Teleflere ait SEM Görüntüleri (100x Büyütme)

SEM görüntüleri detaylı incelendiğinde teleflerin ağırlıklı olarak liflerden oluştuğu görülmektedir. Pnömofil (PN) telefi, Meydan (M) telefi diğer teleflere göre daha paralel

liflerden oluşurken Üstübü (Ü) telefi mikroskop görüntüsünde de olduğu gibi buradaki görüntüde de iplik formunda olduğu anlaşılmaktadır.

Telefler arasındaki yabancı madde oranlarındaki farklar ve liflerin durumu mikroskop ve SEM görüntülerinde anlaşılsa da asıl farkların, yapılan yabancı madde analizinde daha belirgin hal aldığı Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 incelendiğinde anlaşılmaktadır.

Tablo 4.1. Mesdan- Lab 281 C makinesi ile yapılan yabancı madde analizi

Numune	Temiz Pamuk(%)	Çeper(%)	Lint(%)	Toz(%)	Toplam Yabancı Madde(%)
Harman (H) Telefi	28,81	70,78	0,23	0,18	71,19
Tarak (T) Telefi	83,22	15,80	0,85	0,12	16,78
Harmanaltı (HA) Telefi	15,19	81,71	1,93	1,18	84,81
Tarakaltı (TA) Telefi	26,89	71,17	1,42	0,52	73,11
Penye (PE) Telefi	91,93	7,89	0,13	0,05	8,07
Pnömofil (PN) Telefi	98,19	1,20	0,33	0,28	1,81
Meydan (M) Telefi	90,83	8,07	0,54	0,56	9,17

Mesdan- Lab 281 C makinesi ile yapılan yabancı madde analizde de görüldüğü üzere en yüksek yabancı madde ihtiva eden telefler sırasıyla; Harmanaltı (HA), Tarakaltı (TA) ve Harman (H) telefleridir. Bu üç telef %70'ten daha fazla yabancı madde ihtiva ettiği için iplikhanede tekrar iplik üretimi için değerlendirilmesi pek mümkün görülmemektedir. Onun için adsorban olarak değerlendirilmesinin avantaj sağlayacağı aşikârdır. Pnömofil (PN), Penye (PE) ve Meydan (M) teleflerine bakıldığında hepsinin %90 gibi yüksek bir oranda lif içerdikleri görülmektedir. Bu yüzden iplikhanede tekrar değerlendirilme imkânları söz konusudur. Ancak lif uzunlarının iplik üretimi için elverişli olması gerekmektedir. Üstübü (Ü) telefi iplik formunda olduğu için yabancı madde analizine alınmamıştır. Onunda çeşitli değerlendirme alanlarının olduğu bilinmektedir. Tarak (T) telefinin burada ölçülen yabancı madde oranı beklentilerin altında olduğu için onunla ilgili yorumları Tablo 4. 2'de verilen SDL MDTA cihazı ile yapılan analiz sonuçları ile beraber yapılmıştır.

Tablo 4.2. SDL MDTA cihazı ile teleflerin içerik analiz sonuçları

Numune	İnce Toz (%)	Kaba Toz (%)	Çepel (%)	İyi lif (%)	Toplam Yabancı Madde(%)
Harmanaltı (HA) Telefi	0,48	1,00	52,72	35,24	64,76
Harman (H) Telefi	0,40	1,34	65,29	22,88	77,12
Tarak (T) Telefi	0,91	0,42	18,64	76,46	23,54
Tarakaltı (TA) Telefi	0,90	0,82	50,00	43,42	56,58
Penye (PE) Telefi	0,43	0,20	1,86	96,03	3,97
Pnömofil (PN)Telefi	0,51	0,24	0,16	97,68	2,32
Meydan (M)Telefi	1,39	0,58	2,36	91,23	8,77

SDL MDTA cihazı ile teleflerin içerik analiz sonuçlarına bakıldığında da yine Harmanaltı (HA), Tarakaltı (TA), Harman (H) teleflerinin diğer liflere göre daha fazla yabancı madde içerdikleri, Penye (PE), Pnömofil (PN) ve Meydan (M) telefleri de düşük oranda yabancı madde içerdikleri ortaya konulmuş oldu. Tarak (T) telefi diğer ölçüm yönteminde olduğu gibi burada da hemen hemen aynı oranları vermiştir. Yapılan ön işlemin yanı sıra, ön ısıl işlem görmemiş Harmanaltı (HA) ve Pnömofil (PN) teleflerinin Tablo 4.3'teki BET yüzey alan verileri incelendiğinde Harmanaltı (HA) telefinin daha fazla yüzey alanına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3. Teleflerin yüzey alanları

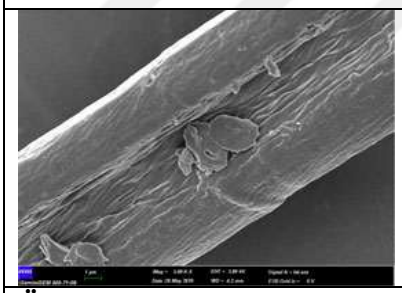
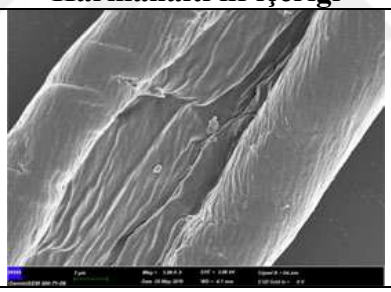
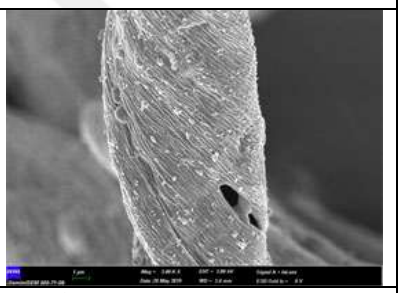
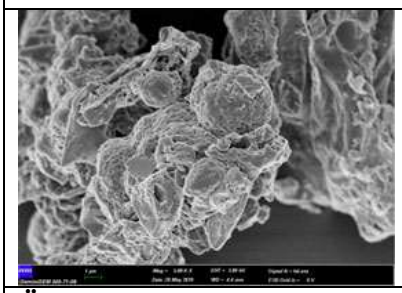
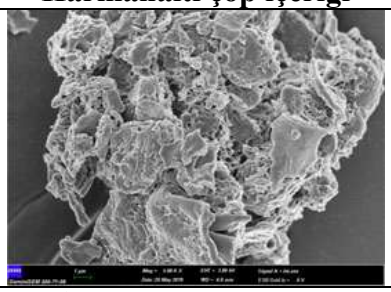
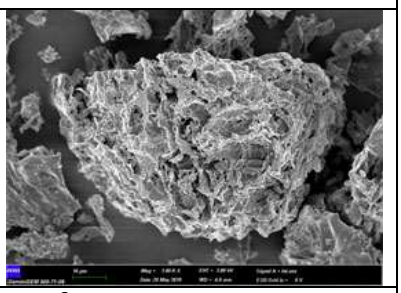
Telef	BET Yüzey Alanı (m^2/g)	Langmuir Yüzey Alanı (m^2/g)
Harmanaltı (HA)	1.1431	32.2169
Pnömofil (PN)	0.2135	5.9104

Bu yüzey alan farkının kirlilik içeriğinden kaynakladığı düşülmektedir. Zira Harmanaltı (HA) telefinde liften daha fazla yabancı madde içerdiği ve Pnömofil (PN) telefinin ise neredeyse tamamının liflerden oluştuğu görülmektedir.

Bu gözlemler doğrultusunda yüksek kirlilik, çepel/toz barındıran adsorpsiyon verimliliği açısından daha başarılı olduğu, 200^{o}C'ye kadar olan kurutma işlemlerinde lif oranı yüksek olan teleflere göre daha iyi adsorplama yaptıkları görülmektedir. Ayrıca lif oranın yüksek olduğu Penye, Pnömofil ve Üstübü teleflerinde, lifler üzerindeki yağ, vaks gibi tabakaların etkili olmasından dolayı ve yapılan kurutma işlemlerinde çok fazla uzaklaştırılamamaları, bu teleflerin adsorplama yeteneklerinde düşmeye yol açmaktadır.

400^{o}C'de yapılan tüm yakma işlemlerinde ise lifler daha iyi karbonize olmuş ve bu sayede adsorpsiyon yetenekleri yeniden artmıştır. Ancak burada lif oranları daha yüksek olan Penye, Pnömofil ve Üstübü teleflerinin adsorpsiyon yeteneklerinde artışlar meydana gelmiştir. Isıl ön işlemin teleflere etkisini lif ve çöp özelinde SEM analizi ile incelemek üzere Harmanaltı telefine ait lifler ve çöp ayrı ayrı ısıl işleme alınmış ve elde edilen görüntüler Tablo 4.4.'de toplanmıştır.

Tablo 4.4. Farklı ön ısıl işlemlerden sonra teleflerin lif ve çöp içeriğinin SEM görünümleri.

Harmanaltı lif içeriği		
		
Ön ısıl işlemsiz	**200 ^{o}C'de 5 dk ısıl işlem**	**400 ^{o}C'de 5 dk ısıl işlem**
Harmanaltı çöp içeriği		
		
Ön ısıl işlemsiz	**200 ^{o}C'de 5 dk ısıl işlem**	**400 ^{o}C'de 5 dk ısıl işlem**

Tablo 4.4'te incelendiğinde ön ısıl işlemlerle telef lif ve çöp içeriğinde yapıların değiştiği, böylece teleflerin boya adsorpsiyon kapasitelerinin ön ısıl işleme bağlı olarak farklılaşabileceği gözlenmiştir. Tablo 4.4'te görüldüğü gibi özellikle 400°C'de ön ısıtma

ile lif ve çöp içeriği daha kırılgan hale geldiği ve lifin yüzeyi ve atıkların çöp kısmının farklılaştığı görülmüştür. Ancak yüzey değişikliğindeki etkinin, katyonik boyaların adsorpsiyonunda iyonik etkileşimlerin daha ön planda olduğu ön görülerek sınırlı kaldığı düşünülmektedir.

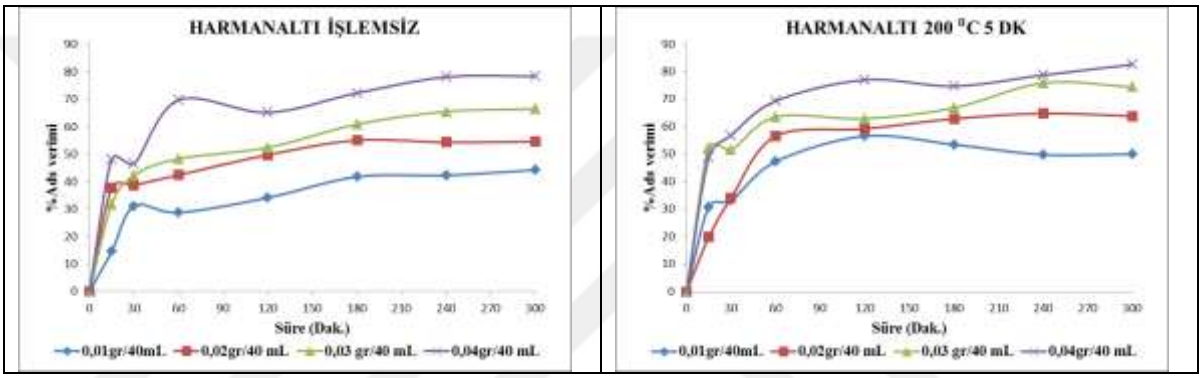
Bütün bu verilerden yabancı madde miktarı yüksek olan teleflerle çalışılırken ısıl işlemlerin etkisinin sınırlı olduğu fakat yabancı madde miktarı düşük olan teleflerde özellikle 400^{o}C'de ısıl işlem ile adsorpsiyon etkinliğinin geliştiği görülmüştür. Ayrıca Harmanaltı (HA) telefinin yüzey alanının muhtemelen yüksek orandaki yabancı madde miktarı nedeniyle daha yüksek olduğu ve adsorpsiyon verimliliklerinin daha yüksek çıktığı anlaşılmıştır. Bütün bu verilerden ekonomik değerleri daha sınırlı olan Harmanaltı (HA), Harman (H) ve Tarakaltı (TA) teleflerinin adsorpsiyon verimliliklerinde yüksek olması nedeniyle bazik boya adsorpsiyonunda kullanılabilirliğinin daha uygun olduğu, ısıl ön işlem uygulamadan da etkili sonuçların elde edilebildiği ortaya konulmuştur. Fakat bu telefler için istenirse 200^{o}C'de 5 dakika ısıl ön işlemde avantaj sağlayacağı anlaşılmıştır. 400^{o}C'de ön ısıl işlemde avantaj sağladığı görülmekle beraber, maliyet açısından sıkıntıları nedeniyle tercih edilmemiştir.

4.1.2. Optimum İnkübasyon Süresinin ve Telef Miktarının Belirlenmesi için Yapılan Deneyler

Bu kısımda, seçilen Harmanaltı (HA) telefi, Harman (H) telefi ve Tarakaltı (TA) telefi ile 0,1gr/L'lik BB41 boya banyosunda, hem ön ısıl işlemsiz hem de 200^{o}C'de 5 dakika ön ısıl işlemli halleri kullanılarak adsorpsiyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan deneylerde her telef için, 0,01gr/40ml, 0,02gr/40ml, 0,03gr/40ml ve 0,04gr/40ml'lik telef/boya konsantrasyonu hazırlamış ve erlenler içerisinde 25^{o}C'de sıcaklık altında 300 dakika inkübasyon işlemine tabii tutulmuştur. Bu işlem esnasında, 15, 30, 60, 120, 180, 240 ve 300'üncü dakikalarda erlenlerden numuneler alınarak bu zaman aralıklarındaki %adsorpsiyon verimlilikleri ölçülmüştür. Bölüm 4.1.1'de olduğu gibi bu bölümde de deney sonuçları grafiklere dönüştürülerek yorumlanmıştır. Her telef, ayrı başlık altında değerlendirilmiş ve renk giderimdeki başarıları incelenerek yorumlanmıştır**.**

4.1.2.1. Harmanaltı (HA) Telefleri ile Yapılan Deneyler

Harmanaltı telefi kullanılarak yapılan adsorpsiyon işlemlerinde hem ön ısıl işlemsiz hem de 200^{o}C'de 5 dakika ön ısıl işlem görmüş teleflerde, telef/boya konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak % Adsorpsiyon verimliliklerinde artışlar görülmektedir.Ön ısıl işlemsiz deneylerde özellikle ilk 30 dakikada Harmanaltı (HA) telefinin boya adsorplama hızınının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 90 dakika ya kadar adsorpsiyon verimliliklerindeki artış devam ederken 120 dakikalık işlem süresinden sonra bu artışın yavaşladığı görülmüştür**.**



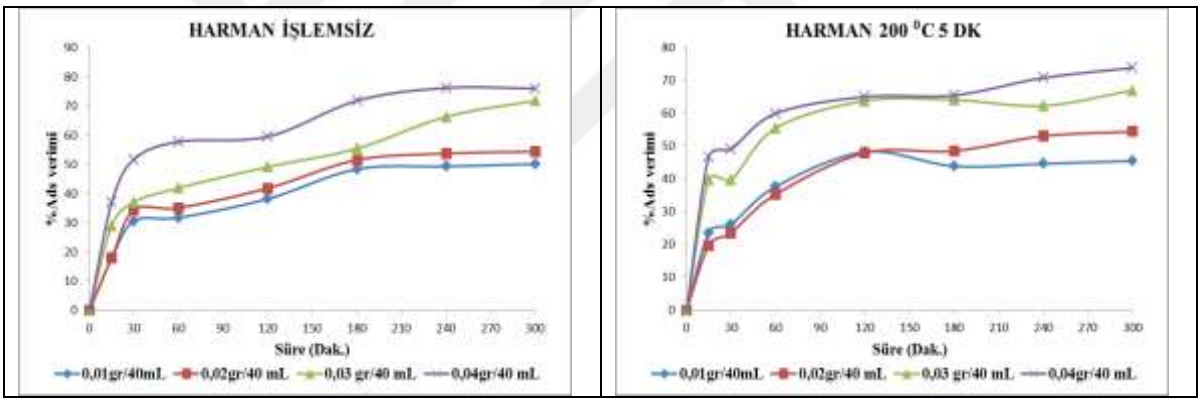
Şekil 4.6. Harmanaltı telefine ait % adsorpsiyon verimliliği-süre grafiği

Ön ısıl işlem uygulanması durumunda ise ön işlemin uygulanmadığı duruma benzer eğilimlerin gerçekleştiği görülmüş fakat çalışılan konsantrasyonlar arasındaki adsorpsiyon verimlilik farkının daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak Harmanaltı (HA) telefi ile Basic Blue 41 boyasının renk giderimine yönelik uygulama için 120 dakikalık işlem süresinin yeterli olacağı ve telefin mali değerinin düşük olması nedeniyle 0,04gr telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi çalışma şeklinde uygulamanın uygun olacağı düşünülmektedir. Elbette ki süre ile oynanarak adsorpsiyon verimliliklerinin az da olsa arttırılabileceği görülmektedir. Fakat inkübasyon süresinin uzatılması halinde harcanacak enerji maliyetinin de artacağı göz önünde bulundurulursa, çalışmanın optimum olarak 120 dakika ile sınırlandırılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Böyle bir çalışma ile ön ısıl işlem olması halinde %77'ler civarında bir adsorpsiyon veriminin, ön ısıl işlem olmaması halinde % 65,1'lik bir adsorpsiyon veriminin elde edileceği anlaşılmıştır.

4.1.2.2. Harman (H) Telefi ile Yapılan Deneyler

Harman (H) telefi ile yapılan deneylerde de tıpkı Harmanaltı (HA) teleflerinde olduğu gibi inkübasyon süresi açısından özellikle ilk yarım saatte ciddi bir boya adsorpsiyonunun gerçekleştiği tespit edilmiştir. İnkübasyon süresinin uzatılmasıyla beraber Adsorpsiyon verimliliklerinde artış gözlemlenirken, bu artışın genelde 180 dakikaya kadar devam ettiği daha sonraki sürelerde pek fazla ilerleme olmadığı görülmüştür. İşlem süresinin artmasıyla beraber az da olsa adsorsiyon verimliliklerinde iyileşme olsa da, daha önce de ifade edildiği gibi işlem süresinin optimizasyonunda artış hızındaki yavaşlama ve dengelenme durumları da göz önüne alındığında ve süre artışının sağlayacağı verimlilik artışı ile bu esnada harcanan zaman ve enerji miktarları da göz önüne alındığında diğer teleflerde de olduğu gibi 120 dakikanın uygun olacağı düşünülmüştür.



Şekil 4.7. Harman telefine ait % adsorpsiyon verimliliği-süre grafiği

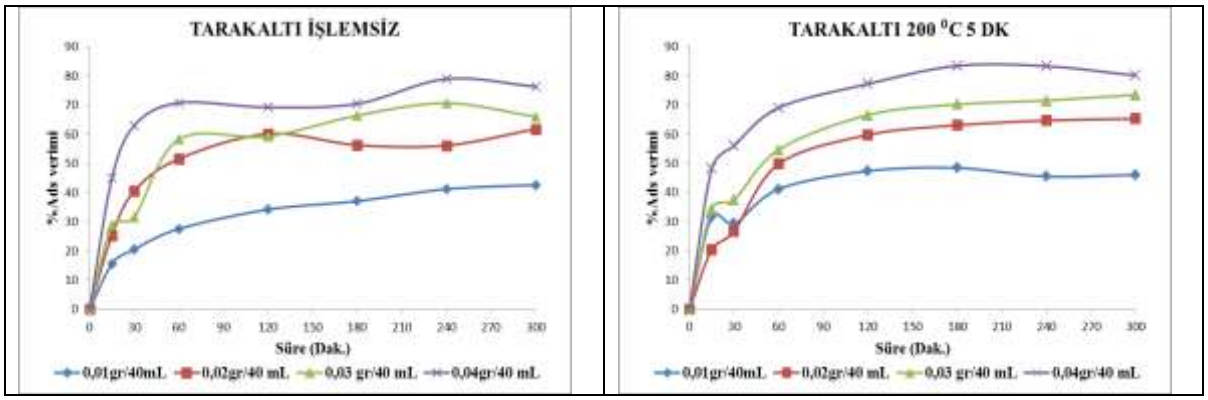
Tespit edilen diğer bir nokta ise ön ısıl işlemli Harman teleflerinin kullanıldığı durumlarda adsorpsiyon verimlilikleri açısından 0,03 ile 0,04 gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi konsantrasyonun ve 0,01 ile 0,02 gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi konsantrasyonun adsorpsiyon verimliliklerinden daha iyi olduğu ve aynı zamanda birbirlerine de benzer değerlerde olduğu gözlemlemiştir. Diğer bir ifade ile ön ısıl işlemli Harman telefi kullanılması durumunda 0,03 gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi konsantrasyonunda çalışmak da uygun sonuçlar verebilmektedir. Ön ısıl işlemli telef için inkübasyon süresi 120 dakika olarak belirlenecek olursa 0,04 gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi adsorban konsantrasyonu için %65'lik; 0,03 gr Telef

(adsorban)/40ml boya çözeltisi adsorban konsantrasyonu için ise %63,77'lik bir adsorpsiyon verimliliğinin elde edilebileceği görülmüştür**.**

Harman telefi ile ön ısıl işlemsiz çalışmada inkübasyon süresi 120 dakika olarak belirlenecek olursa 0,04gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi adsorban konsantrasyonu için %59,47'lik adsorpsiyon verimliliğinin elde edilebileceği sürenin uzatılması halinde (4 saat için) bu değerin %76'lara çıkabileceği anlaşılmıştır.

4.1.2.3. Tarakaltı (TA) Telefleri ile Yapılan Deneyleri

Tarakaltı telefi kullanılarak yapılan renk giderim işlemlerinde de Harmanaltı ile elde edilen benzer sonuçların elde edilebildiği görülmüştür. Şekil 4. 8 incelendiğinde ön ısıl işlemsiz çalışmalarda, kullanılan telef miktarı artışı ile adsorpsiyon verimliliğinin genel olarak arttığı ve en iyi sonucun yine 0,04gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi çalışma şeklinde elde görülmüştür. 0,01 gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi ile yapılan denemelerde renk gideriminin daha sınırlı kaldığı anlaşılırken, 0,02gr Telef (adsorban)/40ml ve 0,03gr Telef (adsorban)/40ml oranlarının kullanıldığı çalışmalarda hemen hemen benzer sonuçların elde edileceği görülmüştür. Öte yandan uygulanan ön ısıl işlemin özellikle en düşük adsorban konsantrasyonu kullanımında elde edilen sonuçları geliştirdiği tespit edilmiştir. Ön ısıl işlemden geçirilerek kullanılan teleflerde de yine en yüksek adsorpsiyon veriminin en yüksek adsorban konsantrasyonunda ortaya çıktığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.8. Tarakaltı telefine ait % adsorpsiyon verimliliği-süre grafiği

İşlem süresi olarak değerlendirme yapıldığında da yine özellikle ilk 60 dakikada adsorpsiyon verimliliğinin çok ciddi bir şekilde arttığı ve daha sonraki sürelerde

adsorpsiyon işleminin dengeye gelmeye başladığı görülmüştür. 2 saatin sonunda dengeye ulaşıldığı ve bunun üzerindeki inkübasyon uygulamalarıyla elde edilen verimlilik artışının sınırlı kaldığı anlaşılmıştır. Bu bağlamda 0,04gr Telef (adsorban)/40ml boya çözeltisi konsantrasyonu ile 120 dakika inkübasyon gerçekleştirildiğinde işlemsiz telef için % 69,23; ön ısıl işlemli telef için ise %77,21 adsorpsiyon verimliliklerinin elde edilebileceği anlaşılmıştır.

4.2. Akrilik Elyafının Boyanması ve Sonrası Elde Edilen Atık Boyalar Ve Yıkama Atıksuları ile Yapılan Deneyleri

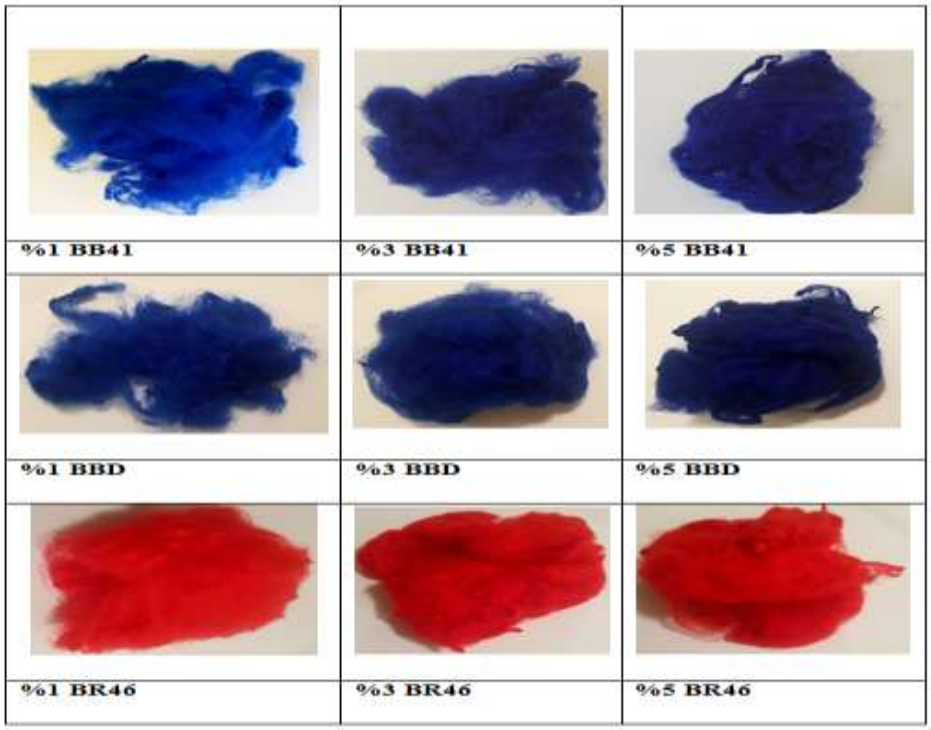
Bu kısımda ilk olarak, BB41, BR46 ve BBD boyaları ile boyanan akrilik elyafının Tablo 3.8'de verilen renk ölçüm değerlerinin yorumlanması yapılmıştır. Daha sonra bu boyama işlemlerinden elde edilen atık boya banyoları ve yıkama atıksularının, ön ısıl işlemsiz Harmanaltı (HA) telefi kullanılarak yapılan renk giderim çalışmalarının sonuçları değerlendirilmiştir.

4.2.1. Akrilik Elyafının Boyanması

Çalışmanın bu adımında BB41, BR46 ve BBD boyaları ile boyanan akrilik elyafının boyanması ile elde edilen verilerin analizleri yapılmıştır. Boyamalar %1, %3 ve %5'lik boya konsantrasyonu altında yapılmış ve hem bu boya konsantrasyonların hem de boya cinsinin renk verimliliği üzerindeki etkileri ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir.

Akrilik elyaflarının boyama işlemlerinden sonraki görselleri Şekil 4.9'da verilmiştir. İlk olarak verilen bu görseller incelendiğinde %1'lik boya konsantrasyonu ile boyanan teleflerin açık renkte oldukları görülmektedir. %3 ve %5'lik konsantrasyonlarda boyanan elyafların ise hemen hemen yakın renk doygunluğunda oldukları, gözle ayırt etmenin zor olduğu anlaşılmıştır.

Elde edilen renklere ait bu görsel değerlendirmelerin renk verimliliklerini yorumlamak açısından yetersiz kalacağı ve bu nitel gözlem değerlerinin sayısal verilere dönüştürülerek doğru yorumların yapılabileceği bilinmektedir. O yüzden bu görsel verilere ilaveten numunelerin spektral analizleri de yapılmış ve bunlar Tablo 3.8'de sunulmuştur.

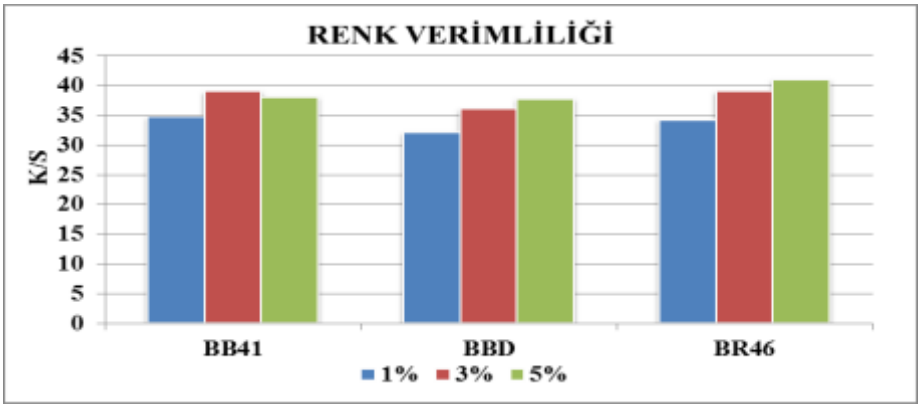


Şekil 4.9. Boyanmış akrilik elyaflarına ait görseller

Akrilik elyaflarının Tablo 3.8'de verilen CIE L* a* b* değerleri incelendiğinde boyama konsantrasyonları arasındaki farklar daha net bir şekilde ifade edilebilmektedir. En açık rengin %1'lik BR46 (L: 39,73) boyasına ait olduğu ve sırasıyla %1'lik BBD (L: 28,9), %1'lik BB41 (L: 24,95) boyalarının onu takip ettiği görülmektedir**.** %3'lük boyamalarda ise bu değerler, BR46 için L: 35,15, BBD için L: 24,62 ve BB41 için L: 17,87 olarak ölçülmüştür. Konstanrasyon artışı en çok BB41 boyası ile boyanan akrilik elyafında kendini belli etmiştir. %5'lik konsantrsyonlarda ise artışın çok fazla olmadığı tespit edilmiş ve sırasıyla BR46 için L:33,41, BBD için L: 20,03 ve BB41 için L: 16,7 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde %3'lük boyama sonrasında akrilik elyafının doyguluğa ulaşmaya başladığı ve daha fazla boyanın emdirilmesinin zorlaştığı söylenebilir.

Özetle; tabloda yer alan "L" değerleri incelendiğinde her boyarmadde için, boya konsantrasyonun artmasıyla birlikte L değerinde düşüşlerin meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 4.5. Boyaların renk verimlilik (K/S) grafiği



Tablo 4.5. incelediğinde boyaların renk verimliliklerinin (K/S) hemen hemen yakın değerlerde olduğu fark edilmektedir. %1'lik boyamalarda en yüksek K/S değerinin 34,72 ile BB41 boyasına ait olduğu, onu 34,22 gibi çok yakın bir değerle BB46 boyasının takip ettiği ve BBD boyasının 32,12 ile en düşük verimliliği sergilediği görülmektedir. %3'lük boyamalarda tüm boyalarda konsantrasyonla beraber verimliklerinin arttığı, hatta BB41 ve BR46 boyalarının ikisininde aynı renk verimlilik değerine sahip oldukları görülmektedir. %5'lik boyama çalışmalarında ise BBD ve BR46 boyasının konsantrasyonla birlikte K/S verimlilik değerinin de arttığı görülürken, BB41 boyasında bu durum tam tersi yönde ilerlemiş ve renk verimliliğinde düşme görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar boya cinsine göre değerlendirildiğinde, en verimli boyamanın BB41 boyası ile yapılacağı görülmektedir. Zira en düşük konsantrasyonda diğer iki boya türüne göre akrilik lifine daha iyi bağlandığı görülmektedir. Ayrıca %3'lük konsantrasyonda akrilik lifinin alabileceği maksimum boya miktarına ulaşması ve bu doygunluk seviyesinin diğer boyalarda ancak %5'lik konsantrasyonlarda elde edilebilmesi, ekonomik açıdan BB41 boyasını bir adım daha öne taşıyacağı düşünülmektedir.

4.2.2. Boyama Sonrası Elde Edilen Atık Boya Banyoları ve Yıkama Suları ile Yapılan Adsorpsiyon Çalışmaları

Ön ısıl işlemsiz 0,02 gr/40 ml adsorban/boya içeren bu çalışmalarda Harmanaltı (HA) telefi kullanılmış ve 3 boya için, hem atık boya banyolarında hem de yıkama atık

sularında iyi sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle atık banyoların daha önceki BB41 çalışmalarında kullanılan 0,1gr/L'lik boya konsantrasyonlarından daha koyu bir renkte olduğu düşünüldüğünde elde edilen sonuçların oldukça tatmin edici seviyede olduğu düşünülmektedir. Nitekim yıkama sonrası atık suların koyuluklarının da hemen hemen 0,1gr/L'lik boya banyosu ile yakın renk değerinde olduğu gözlemlenmiş ve BB41 boyası ile yapılan ön deneylerdekine yakın değerlere ulaşılması olumlu karşılanmıştır.

Bölüm 3.2.2'de verilen tablolar incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

BB41 atık boya banyosu ile yapılan deneylerde Tablo 3.9 verilen değerler incelendiğinde, %1-3-5'lik boyamalar sonrası oluşan atık boyalarda sırasıyla; % 49,72, % 51,60, %52,34 adsorpsiyon verimliliklerinin elde edildiği görülmüşütür.. Buradaki sonuçların optimizasyon işlemlerinin belirlenmesi için BB41 boyası ile yapılan erlen deneylerinden düşük çıkmasının nedenlerinden birisi; teleflerin içerisindeki yabancı madde oranının homojen bir dağılım göstermemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer bir neden ise; atık boya banyosundaki boya konsantrasyonun, 0,1gr/L şekilde hazırlanıp kullanılan önceki çalışmalara göre daha yüksek oranda olma ihtimali söylenebilir.

Nitekim BB41 yıkama atıksuyu ile yapılan deneyler incelendiğinde, Harmanaltı telefinin %1'lik numunenin atıksuyunu gidermede de başarılı olduğu (%39,33), %3 ve %5'lik boyamaların yıkama atıksuyu sonuçları incelendiğinde ise %57,52 ve %58,17 gibi bir renk giderimi sağladıkları görülmekte ve bu da teleflerle yapılan önceki çalışmalara paralellik göstermektedir.

BR46 boyası ile yapılan çalışmalarda boyama sonrası atık banyo deneylerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 3.13'deki değerler incelendiğinde, %1'lik konsatrasyonda %79,67 ,%3 ve %5'lik konsantrasyonlarda ise sırasıyla %37,94 ve %27,54 % adsorpsiyon verimliliklerinin elde edildiği görülmektedir. Harmanaltı (HA) telefinin belirli bir adsorpsiyon kapasitesinin olduğu düşünüldüğünde, %1'lik yıkma atıksuyundaki boya konsantrasyonu diğerlerine göre daha düşük olduğu için % adsorpsiyon verimi yüksek görülmektedir. Yani Eşitlik 1'de verilen C_0 değeri, %3'lük ve %5'lik deneylerindeki değerlerden daha düşük. Bu konsantrasyon düşüklüğü Harmanaltı (HA) telefinin maksimum adsorplama kapasitesine yakın değerde olduğu için banyo içerisindeki boyanın büyük çoğunluğunu çekmiş ve % adsorpsiyon veriminin

artmasına neden olmuştur. Nitekim Tablo 3.10'daki boyama sonrası deneyleri verileri incelediğinde, %1, %3 ve %5'lik konsantrasyonlardaki % adsorpsiyon verimlilikleri sırasıyla; %29,28, %25,11, %20,65'tir. Bu sonuçlar neticesinde tüm konsatrasyon çalışmalarında banyoda kalan boya miktarlarının hemen hemen yakın değerlere sahip olduğu ve bu yüzden de %adsorpsiyon verimliliklerinin yakın değerlerde seyrelttiği söylenebilir.

BBD boyasının sonuçları incelendiğinde ise, hem boyama sonrası atık banyo deneylerinde hem de yıkama atıksuyu deneylerinde benzer renk giderimlerinin sağlandığı görülmüştür. Özellikle %1'lik çalışmalarda boyama sonrası banyoda %85,36 ve yıkama sonrası atıksularda %79,05 değerlerinin bulunması Harmanaltı telefinin renk giderimi için uygun olduğunu göstermektedir. %3 ve %5'lik deneylerde düşüşler yaşansa da yine de %40'a yakın ve üzerinde renk giderimi sağlandığı görülmüştür. Boyama sonrası atık banyo ile yıkama sonrası atık sulardaki değerlerin küçük farklılıklar göstermesi, daha önce söylediği gibi her telefin homojen yapıya sahip olmamasındandır.

Sonuç olarak; iplikhane teleflerinden seçilen Harmanaltı (HA) teleflerinin herhangi bir ön ısıl işlem uygulanmadan, farklı boyalardan oluşan ve boyama sonrası açığa çıkan boyaların renk giderimlerinde etkili olabileceği görülmüştür. Ayrıca boya koyuluğu arttıkça doğal olarak telefin (adsorbanın) boya adsorplama kapasitesine bağlı olarak % adsorpsiyon verimliliklerinin azaldığı anlaşılmıştır.

4.3. Genel Sonuç ve Öneriler

Genel olarak değerlendirilme yapıldığında; en iyi adsorpsiyon verimliliklerinin ön ısıl işlemsizden 200^{o}C'de 15 dakika ısıl işlem uygulamasına kadar yabancı madde miktarının yüksek olduğu teleflerde elde edilebildiği görülmektedir. Bunun, lif yoğunluğunun az olasından dolayı lif yüzeyinde bulunan ve adsorpsiyonu olumsuz etkileyen yağ, vaks gibi tabakaların düşük miktarda kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Harmanaltı (HA), Harman (H) ve Tarakaltı (TA) telefleri oldukça başarılı sonuçlar ortaya koymuşlardır. Literatür araştırmasında da ifade edildiği gibi iplikhane teleflerinin farklı değerlendirilme olanakları bulunmakta ve içerdikleri pamuk lifine bağlı olarak ekonomik olarak bir değere sahip olabilmektedirler. Bu bilgiler göz

önüne alındığında; adsorpsiyon verimlilik analiz sonuçları çerçevesinde belirlenen teleflerin ekonomik değerlerinin olmaması veya çok düşük olması da bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer bir ifade ile seçilen teleflerin alternatif değerlendirilme olanakları sınırlıdır ve adsorban olarak değerlendirilmesi ekstra bir katkı sunmaktadır.

Adsorpsiyon işleminin teleflerin iyonik özelliklerinden kaynaklandığı ve noniyonik yapıdaki teleflere katyonik boyaların iyonik bağlanma yoluyla tutundukları düşünülmektedir. Bunu ispatlamak için teleflerin zeta potansiyelleri incelenmiştir. Harmanaltı telefine ait zeta pontansiyeli sonuçları incelendiğinde, iplikhane teleflerinin bazik boyalar üzerindeki etkisi çok daha kolay bir şekilde anlaşılmaktadır. Zira sonuçlar, Harmanaltı telefinin iyonik yükünün negatif (-) olduğunu ve ısıl işlemle beraber bu yükün çekim miktarının arttığını göstermektedir. Bazik boyaların iyonik yükünde pozitif (+) olması, iyonik çekim yasalarına bağlı olarak, zıt kutupların birbirini çekmesi ve adsorpsiyon işleminin artması anlamına gelmektedir.

Tablo 4.6. Harmanaltı (HA) telefine ait zeta potansiyeli

Harmanaltı (HA) Telef İçeri			**Harmanaltı (HA) Çöp İçeriği**		
Ön Isıl İşlemsiz	**200^{o}C-5 dk Ön Isıl İşlem**	**400 ^{o}C-5 dk Ön Isıl İşlem**	**Ön Isıl İşlemsiz**	**200^{o}C-5 dk Ön Isıl İşlem**	**400 ^{o}C -5 dk Ön Isıl İşlem**
-28,0 mV	-33,5 mV	-40,9 mV	-19,1 mV	-19,7 mV	-36,7 mV

Adsorpsiyon işleminde iyon değişimin yanı sıra teleflerin yüzey alanlarındaki oran da oldukça etkilidir. Tablo 4.3'e bakıldığında az miktarda lif içeren Harmanaltı (HA) telefinin, çok miktarda lif içeren Pnömofil (PN) telefine göre daha fazla yüzey alanına sahip olduğu açıkça görülmektedir. Bu da ön ısıl işlemsiz yapılan adsorpsiyon çalışmalarında, yabancı madde oranı yüksek olan teleflerin diğer teleflere daha fazla adsorpslama yapabilmesini açıklamaktadır.

Çalışma sonucunda en iyi adsorpsiyon veriminin erlen ve açılı falkon deneylerinde elde edildiği, dik falkon deneylerinde sınırlı miktarda dönme alanı nedeniyle, teleflerin banyoda yeterli dağılım gösteremedikleri ve temas yüzeyinin diğer uygulamalardan daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Banyonun açılı falkon içerisinde yukarı ve aşağı çalkalanması sayesinde, banyodaki telef dağılımı daha iyi olduğu ve temas yüzeyinin buna bağlı olarak arttığı anlaşılmıştır. Yine erlenlerde yapılan denemeler sonrasında da

inkübasyon esnasında telef banyo etkileşiminin daha iyi olduğu elde edilen sonuçlardan anlaşılmıştır.

İnkübasyon öncesi teleflere yakma/kurutma/kömürleştirme amacıyla uygulanan ısıl ön işlemler incelendiğinde ise genel olarak telef içeriğine bağlı olarak farklı sonuçların alınabileceği anlaşılmıştır. Pamuk lif/elyaf içeri yüksek teleflerde genelde 400°C'de yapılan ön ısıl işlemin avantaj sağladığı fakat özellikle toz ve çeper içeriği yüksek ve pamuk lif içeriği düşük telefler için ön ısıl işlem yapamadan ve 200°C'de ön işlemin daha uygun olduğu anlaşılmıştır. 200°C'de yapılan ön ısıl işlemde pamuk lif içeriği düşük olan teleflerde bir kurutma etkisinin olduğu buna bağlı olarak da yapıdaki nemin uzaklaştırıldığı ve yine özellikle uçucu yağ ve benzeri yapının uzaklaştığı düşünülmektedir. Buna bağlı olarak da adsorplama yeteneğinin arttığı anlaşılmıştır. 400°C'de ise kurutma etkisinden ziyade yakma etkisinin arttığı düşünülmektedir. Bu esnada telefler kırılgan hale gelmekte ve kolayca öğütülebilmekte böylece atıkların banyo ile etkileşimi daha kolay hale gelmektedir.

Çalışmalarda adsorpsiyon süresinin 120 dk'nın üzerine çıkılmasının sağlayacağı avantaj sınırlı olduğu ve adsorpsiyon işleminde kullanılan telef miktarının artması ile adsorpsiyon verimliliğinin arttığı anlaşılmıştır. Ayrıca akrilik elyafının 3 farklı boya ve 3 farklı konsantrasyonunda boyanması sonucunda ortaya çıkan atık banyolarda Harmanaltı (HA) telefinin adsorpsiyon verimliliği incelenmiştir. Kullanılan boya konsantrasyonuna bağlı olarak daha koyu renklerin akrilik eyaflarında yüksek renk verimlilikleri sağladığı görülmüştür. Fakat %3 ve %5 konsantrasyonlarında doygunluğa ulaşıldığı için boya cinsine bağlı olarak renk verimliliklerinde ciddi artışlar gözlemlenmemiştir.

Ortaya çıkan atık boya banyolarının konsantrasyonları ilk adımlarda hazırlanan boya banyolarından daha yüksek olsa bile Harmanaltı telefinin ön ısıl işlemsiz halinin bile renk giderimde etkili olduğu ve boya adsorpsiyonlarında alternatif bir renk giderim numunesi olduğu teyit edilmiştir.

KAYNAKÇA

1. Bruce G., Frushour; Raymond S. Knorr, 2007. Acrylic fibers. In: Lewin, M. (Ed.), Handbook of Fiber Chemistry, third ed. CRC Press, **Taylor &Francis Group, Boca Raton**, USA, 811.

2. Akçakoca, P., E., Atav, R., 2013. "PAC Liflerinin Bazik (Katyonik) Boyarmaddelerle Boyanma Mekanizmaları". **The Journal of Textiles an Engineer 61**, 41-47.

3. Seventekin, N, 2003. Kimyasal Lifler, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma – Uygulama Merkezi Yayını, Bornova-İzmir.77-82.

4. Yurdakul, A., Atav, R., 2006. Boya Baskı Esasları, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, Bornova-İzmir.72-75

5. Karmakar S., R., 1999. Chemical technology in the pre-treatment processes of textiles. In: Textile science and technology series, Vol. 12., 1st edn, **Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, 207**.

6. Tiyek, İ., Bozdoğan, F., 2005. "Akrilik Lif Üretiminde Koagülasyon Banyosunun Önemi". **Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11**(3), 319-323

7. Saçak, M., 2002. Lif ve Elyaf Kimyası, Gazi Kitapevi Tic. Ltd. Şti., Ankara, 73.

8. Aniş P., 1998. Tekstil Ön Terbiyesi ALFA Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul, (ISBN 975-316 109-3). 199-201.

9. Çoban, S., 1999. Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri, , E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma –Uygulama Merkezi Yayını,Yayın No: 10, İzmir. 83-84.

10. Bhatti, I. A., Adeel, S., Abbas, M., 2011. Effect of Radiation on Textile Dyeing 1. In: Textile Dyeing, Edited by P.J. Hauser, InTech, Croatia. 3-4.

11. Özdemir, O. A., 2015. Pamuk Liflerinin Renklendirilmesinde Boyama Verimi ve Kinetiğinin Araştırılması. Doktora Tezi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 160 s.

12. Tan, I. A. W., Ahmad, A. L., Hameed, B. H., 2008. Enhancement of basic dye adsorption uptake from aqueous solutions using chemically modified oil palm shell activated carbon. Colloids and Surfaces A: Physicochem. **Eng. Aspects, 318**(1–3), 88–96. doi:10.1016/j.colsurfa.2007.12.018

13. El Qada, E. N., Allen, S. J., Walker, G. M., 2008. "Adsorption of basic dyes from aqueous solution onto activated carbons". **Chemical Engineering Journal, 135**(3), 174–184. doi:10.1016/j.cej.2007.02.02

14. World Water Assessment Programme., 2009. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO, and London: Earthscan. (UNESCO ISBN: 978-9-23104-095-5).

15. Snoeyink, V. L., Jenkins, D., 1980. Water Chemistry, John Wiley & Sons, USA (ISBN 0-471-05196-9).

16. WWAP, 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: water for a sustainable world. Paris, France: UNESCO.

17. Ghasemi, F., Kimiagar, S., Shahbazi, M., Vojoudi, H., 2018. "Removal Enhancement Of Basic Blue 41 By Rgo–Tio2 nanocomposite synthesized using pulsed laser". **Surface Review and Letters, 25**(1), 1850041–1850047. doi:10.1142/S0218625X18500415

18. Gleick, P. H., Iwra, M., 1996. "Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs". **Water International, 21**(2), 83–92. doi:10.1080/02508069608686494

19. Savin, I. I., Butnaru, R., 2008. "Wastewater characteristics in textile finishing mills". **Environmental Engineering and Management Journal, 7**(6), 859–864. doi:10.30638/eemj.2008.113

20. Pearce, C. I., Lloyd, J. R., Guthrie, J. T., 2003. "The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: A review". **Dyes and Pigments, 58**(3), 179–196. doi:10.1016/S0143-7208(03)00064-0

21. Holkar, C. R., Jadhav, A. J., Pinjari, D. V., Mahamuni, N. M., & Pandit, A. B., 2016. "A critical review on textile wastewater treatments: Possible Approaches".

Journal of Environmental Management, 182, 351–366. doi:10.1016/j.jenvman.2016.07.090

22. Arami, M., Limaee, N. Y., Mahmoodi, N. M., Tabrizi, N. S., 2005. "Removal of dyes from colored textile wastewater by orange peel adsorbent: Equilibrium and kinetic studies". **Journal of Colloid and Interface Science. 288**, 371–376. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2005.03.020

23. Lin, S. H., Peng, C. F., 1996. "Continuous treatment of textile wastewater by combined coagulation, electrochemical oxidation and activated sludge". **Water Research, 30**(3), 587–592. doi:10.1016/0043-1354(95)00210-3

24. Sarayu, K., Sandhya, S., 2012. "Current technologies for biological treatment of textile wastewater–a review". **Applied Biochemistry and Biotechnology, 167**(3), 645–661. doi:10.1007/s12010-012-9716-6

25. Asghar, A., Raman, A. A. A., Daud, W. M. A. W., 2015. "Advanced oxidation processes for in-situ production of hydrogen peroxide/ hydroxyl radical for textile wastewater treatment: A review". **Journal of Cleaner Production, 87**, 826–838. doi:10.1016/j.jclepro.2014.09.010

26. Kobya, M., Can, O. T., Bayramoglu, M., 2003. "Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes". **Journal of Hazardous Materials, 100**(1–3), 163–178. doi:10. 1016/S0304-3894(03)00102-X

27. Mohan, N., Balasubramanian, N., Basha, C. A., 2007. "Electrochemical oxidation of textile wastewater and its reuse". **Journal of Hazardous Materials, 147**(1–2), 644–651. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.01.063

28. Akın, A., 2009. Bir Tekstil Yüzey Aktif Maddesinin H2o2/Uv-C Prosesiyle Arıtılabilirliğinin Yanıt Yüzey Yöntemiyle Modellenmesi Ve Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 127 s.

29. Gunturu, B., Palukuri, R., N., Sahadevan, R., 2018. "Decolorisation of Basic Textile Dye from Aqueous Solutions using a Biosorbent derived from Thespesia populnea used Biomass". IOP Conf. Series: **Materials Science and Engineering 330**. 012036 doi:10.1088/1757-899X/330/1/012036

30. Mansour, A., S., Tony, A., M., Tayeb, M., A., 2019. "Photocatalytic performance and photodegradation kinetics of Fenton‐like process based on haematite nanocrystals for basic dye removal". **SN Applied Sciences. 1**: 265. https://doi.org/10.1007/s42452-019-0286-x

31. Samsunlu, A., 2006. "Atıksuların Arıtılması". 3. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

32. Kav, M., F., 2011. Adana Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının İleri Arıtma Yöntemleri (Fizikokimyasal Yöntemler: Pıhtılaştırma - Yumaklaştırma + Perlit Filtrasyon) Kullanılarak Tekstil Endüstrisinde Proses Suyu Olarak Geri Kazanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 75 s.

33. Akaryıldız, E., 2004. Bir Tekstil Atık Su Arıtma Tesisinin Kapasite Artış Alternatiflerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 114 s.

34. Suhani, B., N., 2017. Kıtchen Wastewater Treatment By Adsorptıon Process Usıng Banana Trunk Fıbers (Musa Sapıentum) And Chıtosan. Yüksek Lisans Tezi. Faculty of Civil and Environmental Engineering Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia, 133 s.

35. Moralı, E., K., 2010. Ozonation Of A Denim Producing Textile Industry Wastewater – Process Optimization. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Ankara, 83 s.

36. Keselik, E., 2015. Drimaren Blue Cl-Br'nin Aspergillus Oryzae ile Renk Gideriminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 63 s.

37. Üstün, G., E., 2006. Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSB) Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Geri Kazanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 232 s.

38. Balcı, İ., A., 2011. Catalytic Ozonation Of Synthetic Wastewaters Containing Three Different Dyes in A Fluidized Bed Reactor. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü. Ankara, 227 s.

39. Bahadır, B., E., 2012. Tekstil Endüstrisi Arıtılmış Atıksularında Renk Ve Öncelikli Kirleticilerin Ozon Teknolojisi İle Gideriminin Araştırılması. Yüksek

Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ, 125 s.

40. Öden, M., K., 2010. Sentetik Tekstil Atıksularında Boyar Maddelerin Fenton Prosesi ile Arıtımı. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 66 s.

41. Yüce, M., 2007. Arıtımı Yapılmamış Atıksulardan İzole Edilen Mikroorganizmalarla Reactive Black B ve Krom(VI) Giderimi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Ankara, 35 s.

42. Rafatullah, M., Sulaiman, O., Hashim, R., Ahmad, A., 2010. "Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review". **Journal of Hazardous Materials, 177**(1–3), 70–80. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.12.047

43. Güneş, E., Atav, R., 2017. "The use of nutshell firstly as a natural dye for cotton and wool and then as a natural adsorbent for colour removal of basic dye effluent". **Coloration Technology, 133**(1), 88–93. doi:10.1111/cote.12255

44. Aljeboree, A. M., Alshirifi, A. N., Alkaim, A. F., 2017. "Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut Shell activated carbon." **Arabian Journal of Chemistry, 10**, S3381–S3393. doi:10.1016/j.arabjc.2014.01.020

45. Mahmoodi, N. M., Hayati, B., Arami, M., Lan, C., 2011. "Adsorption of textile dyes on Pine Cone from colored wastewater: Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies". **Desalination, 268**(1–3), 117–125. doi:10.1016/j.desal.2010.10.007

46. Hassani, A., Soltani, R. D. C., Karaca, S., Khataee, A., 2015. "Preparation of montmorillonite–alginate nanobiocomposite for adsorption of a textile dye in aqueous phase: Isotherm, kinetic and experimental design approaches". **Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 21**, 1197–1207. doi:10.1016/j.jiec.2014.05.034

47. Peláez-Cid, A. A., Herrera-González, A. M., Salazar-Villanueva, M., Bautista-Hernández, A., 2016. "Elimination of textile dyes using activated carbons prepared from vegetable residues and their characterization". **Journal of**

Environmental Management, 181, 269–278. doi:10.1016/j.jenvman.2016.06.026

48. Tahir, M. A., Bhatti, H. N., Iqbal, M., 2016. "Solar Red and Brittle Blue direct dyes adsorption onto Eucalyptus angophoroides bark: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies". **Journal of Environmental Chemical Engineering, 4**, 2431–2439. doi:10.1016/j.jece.2016.04.020

49. Ashrafi, S. D., Kamani, H., Mahvi, A. H., 2016. "The Optimization study of direct red 81 and methylene blue adsorption on NaOH modified rice husk". **Desalination and Water Treatment, 57**(2), 738–746. doi:10.1080/19443994.2014.979329

50. Mor, S., Chhavi, M. K., Sushil, K. K., Ravindra, K., 2018. "Assessment of hydrothermally modified fly ash for the treatment of methylene blue dye in the textile industry wastewater". **Environment, Development and Sustainability, 20**(2), 625–639. doi:10.1007/s10668-016-9902-8

51. Yamani, Y., Faraji, M., Rajabi, A. A., Nourmohammadianc, F., 2018. Ultra Efficient Removal of Basic Blue 41 from Textile Industry's Wastewaters by Sodium Dodecyl Sulphate Coated Magnetite Nanoparticles: Removal, Kinetic and Isotherm Study. **Anal. Bioanal. Chem. Res., 5**, No. 2, 205-215.

52. Elatte, A. A. O., Mustapha, I. S., Ajayi, A. O., Ahmed, T. A., 2018. Optimization of Dye Removal from Textile Wastewater using Activated Carbon from Sawdust. **Nıgerıan Journal Of Technologıcal Development, 15**, No.1, 26-32.

53. Gunturu, B., Palukuri, R. N., Sahadevan, R., 2018. Decolorisation of Basic Textile Dye from Aqueous Solutions using a Biosorbent derived from Thespesia populnea used Biomass. IOP Conf. Series: **Materials Science and Engineering, 330**. doi:10.1088/1757-899X/330/1/012036

54. Dutta, K. A., Ghorai, K. U., Chattopadhyay, K. K., Banerjee, D., 2018. Removal of textile dyes by carbon nanotubes: A comparison between adsorption and UV assisted photocatalysis. **Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 99**, 6–15.

55. Toumi, H. K., Benguerba, Y., Erto, A., Dotto, L. G., Tiar, C., Nacef, S., Amrane, A., Ernst B., 2019 Efficient Removal of Cationic Dyes From Aqueous Solutions Using the Low-Cost Algerian Olive Cake Waste Adsorbent. **JOM, 72**, No 2, 791-800. https://doi.org/10.1007/s11837-018-3143-2

56. Montes-Alba, E. J., de Jesús Camargo-Vargas, G., Agudelo- Valencia, R. N., Dévora-Isiordia, G. E., 2019. Adsorption Study of Acid Red 114 and Basic Blue 3 on Sunflower Stalk. **Journal of Water Resource and Protection, 11**, 68-81. https://doi.org/10.4236/jwarp.2019.111005

57. Fegousse, A., Gaidoumi., E. A., Miyah, Y., Mountassir, E. R., Lahrichi, A., 2019. Pineapple Bark Performance in Dyes Adsorption: Optimization by the Central Composite Design, *Research Article,* **Hindawi Journal of Chemistry,, Article ID 3017163**, 1- 11. https://doi.org/10.1155/2019/3017163

58. Laib, R., Amokrane-Nibou, S., Nibou, D., Trari, M., 2019. Recovery of recycled paper in the removal of the textile dye basic yellow 28: characterization and adsorption studies. **Nordic Pulp & Paper Research Journal. 32**, No 2. 218-227. https://doi.org/10.1515/npprj-2018-0071

59. Saechiam, S., Sripongpun, G., 2019. Adsorption of malachite green from synthetic wastewater using banana peel adsorbents. Songklanakarin **J. Sci. Technol. 41** (1), 21-29.

60. Çalışır, M., 2010. Ardışık Kesikli Aktif Çamur Sisteminde Arıtılmış Sentetik Tekstil Terbiyesi Atık Sularında Renk Giderimi Ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 101 s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Ömer AYDINLIOĞLU
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 16.07.1991 - Kayseri
Medeni Durum: Bekâr
e-mail: omer0791@hotmail.com
Yazışma Adresi: Yavuz mah. Lokman cad. Komşukent Sit. 15A/11 Kocasinan/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	2016
Lise	Develi Milli Piyango Lisesi, Kayseri	2009

YABANCI DİL

İngilizce