T.C.
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

REAKTİF BOYAMA SONRASI YIKAMALARDA, REAKTİF BOYAMA ATIKSULARININ TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Naime ÇALIŞKAN

Yüksek Lisans Tezi

REAKTİF BOYAMA SONRASI YIKAMALARDA, REAKTİF BOYAMA ATIKSULARININ TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Naime ÇALIŞKAN

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

REAKTİF BOYAMA SONRASI YIKAMALARDA, REAKTİF BOYAMA ATIKSULARININ TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Naime ÇALIŞKAN
0000-0002-1696-9620

Prof. Dr. Pervin ANİŞ

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA– 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REAKTİF BOYAMA SONRASI YIKAMALARDA, REAKTİF BOYAMA ATIKSULARININ TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Naime ÇALIŞKAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr.Pervin ANİŞ

Tekstil endüstrisinde boyama sırasında yüksek miktarlarda kullanılan temiz su, boyama sonrasında bağlanmamış boyarmadde, inorganik tuzlar, alkaliler vb. pek çok önemli kimyasal atık yükü içermektedir. Ayrıca, tekstil endüstrisine yönelik kişi başına talebin, dünya nüfusunun da artmasına paralel olarak sürekli artacağı öngörüldüğünden; günümüzde su kullanımını azaltmak ve zararlı kimyasalları uzaklaştırmak ve geri kazanmaya yönelik çözümler bulmak, bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada, Tekstil Endüstrisinin ekolojiye olumsuz etkisini azaltmak amacıyla çevre dostu ve sürdürülebilir yıkama yöntemlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Durulama banyolarının tekrar kullanımı ile daha az su ve enerji tüketilen yeni yıkama prosesleri daha sürdürülebilir ve daha az kirletici olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Reaktif boyarmadde, reaktif grup, yıkama atıksuları, sürdürülebilir reaktif boyama, reaktif yıkama

2021, xii+144 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF REUSABILITY REACTIVE DYESTUFFS WASTEWATERS IN WASHING AFTER REACTIVE DYEING

Naime ÇALIŞKAN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Pervin ANİŞ

Clean water used in high amounts during dyeing and unbound dyestuff, inorganic salts, alkalis, etc. after dyeing in the textile industry. It creates many important chemical waste loads. In addition, as it is predicted that the per capita demand for the textile industry will increase in parallel with the increase in the world population; Nowadays, it has become a necessity to reduce water use and find solutions to remove and recycle harmful chemicals. In this study, it is aimed to develop environmentally friendly and sustainable washing techniques in order to reduce the negative impact of the Textile Industry on ecology. With the reuse of washing baths, new washing processes that consume less water and energy will be more sustainable and less polluting

Key words: wastewater, reactive dyestuff, reactive dyeing methods, reactive washing methods

2021, xii +144 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve yapılmasında, eğitici, yol gösterici ve öğrenmeye teşvik edici fırsatları tarafıma sunan, bilgi ve tecrübesiyle çalışmamı şekillendiren ve her zaman anlayış gösteren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Pervin ANİŞ'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) bünyesinde faaliyet gösteren Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) tarafından yürütülen 1505- Üniversite – Sanayi İşbirliği Destek Programı kapsamında 5180061 proje numarası ve "Yeni ve Çevreci Teknolojilerin Reaktif Boyama Sonrası Yıkamalarda ve Atık Suyun Dekolorizasyonunda kullanımı" başlığı ile desteklenmiştir. TÜBİTAK' a maddi desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatımda ve tez kapsamında kıymetli katkılarından dolayı Dr.Öğr.Üyesi Sibel ŞARDAĞ ve Öğr.Gör.Dr. Tuba Toprak ÇAVDUR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamında yapılan deneysel çalışmalara büyük katkısı olan, Bursalı Grubu ve Arge ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Değerli arkadaşlarım Gamze ÜÇGÜL ve Gökhan ÇETİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca destek ve ilgilerini esirgemeyen annem Gülten ÇALIŞKAN, babam Ahmet ÇALIŞKAN ve dedem Mehmet ÇALIŞKAN'a sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Naime ÇALIŞKAN
29/09/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ x
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 5
2.1. Reaktif Boyarmaddeler 5
2.1.1. Reaktif boyarmaddelerin gelişimi 5
2.1.2. Reaktif boyarmaddelerin kimysal yapısı 7
2.2. Reaktif Boyarmaddelerin Sınıflandırılması 8
2.2.1 Reaktif gruba göre 9
2.2.2 Kromofor gruplara göre 11
2.2.3 Lif ile gerçekleşen reaksiyona göre 12
2.3 Reaktif Boyarmaddelerle Çektirme Yöntemine Göre Boyama 14
2.4.Temel Kavramlar 16
2.4.1 Hidroliz ve reaktivite 16
2.4.2 Substantivite 18
2.4.3. Difüzyon oranı 19
2.4.4. Çekim ve fiksaj dereceleri 20
2.4.5. Lif-boyarmadde arasındaki bağın dayanıklılığı 21
2.4.6. Bazik ortamın gerekliliği 21
2.4.7. Boyarmadde seçimi 22
2.4.8. Sıcaklık ve pH'ın ayarlanması 23
2.4.9. Tuz ve yardımcı maddelerin ilavesi 23
2.4.10. Yıkama işlemleri 24
2.5. Reaktif Boyamada Su Tüketimi 25
2.6. Reaktif Boyamada Yardımcı Kimyasal Madde Tüketimi 29
2.7.Reaktif Boyamada Enerji Tüketimi 30
2.8. Ekolojik Reaktif Boyamanın Çevreye Etkileri 31
2.9. Sürdürülebilir Reaktif Boyama 32
2.10. Literatür Çalışmaları 33
3.MATERYAL ve YÖNTEM 45
3.1.Materyal 45
3.1.1.Kumaş 45
3.1.2.Kimyasallar 45
3.1.3. Boyarmaddeler 46
3.1.4.Makineler 49

3.2.Yöntem 51
3.2.1. Konvansiyonel Reaktif Boyama Prosesi 52
3.2.2. Konvansiyonel Yıkama Prosesleri 57
3.2.3 Reaktif Boyama Sonrası Yıkamalarda Atıksu Geri Kazanımı 59
3.2.4. Reaktif Grup Sayılarına Göre boyarmaddelerin, yıkama banyosundaki kirlilik oranlarının incelenmesi 64
3.2.5. Laboratuvar şartlarına uyarlanmış konvansiyonel boyama prosesi 64
3.2.6. Laboratuvar şartlarına uyarlanmış konvansiyonel orta ton yıkama prosesi 65
3.2.7. Yenilikçi proses ve teknolojiler kullanarak sabun kullanımının elimine edilmesi 65
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 67
4.1. Karışım Boyamalara Ait Yıkama Atıksularının Değerlendirilmesi 67
4.1.1. Araştırılan açık tondaki numunelere ait veriler 67
4.1.2. Araştırılan orta tondaki numunelere ait veriler 69
4.1.3. Araştırılan koyu tondaki numunelere ait veriler 72
4.1.4. Karışım boyamalara ait yıkama atıksularının değerlendirilmesi 77
4.2. Dekolorize Edilmeden Tekrar Kullanılan Yıkama Banyolarının Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi 78
4.2.1. Açık ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları 78
4.2.2. Orta ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları 81
4.2.3. Koyu ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları 85
4.3. Reaktif Grup Sayılarına Göre Boyarmaddelerin, Yıkama Banyosundaki Kirlilik Oranlarının Değerlendirilmesi 87
4.4. Yenilikçi Proses ve Teknolojiler Kullanarak Sabun Kullanımının Elimine Edilmesi 91
4.4.1. Sıcaklığın artırılması prosesi 91
4.4.2. Nanobubble teknolojisi kullanılarak uygulanan yıkama prosesi 98
4.5. Yeni Yıkama Rejimlerinin KOİ Yüklerinin Değerlendirilmesi 106
4.6. Yeni Yıkama Rejimlerinin Difüzyon Fazlarına Ait KOİ Yüklerinin Değerlendirilmesi 107
4.7. Konvansiyonel ve Yeni Yıkama Rejimlerinin K/S Değerlerinin Değerlendirilmesi 109
5.SONUÇ 111
KAYNAKLAR 114
EKLER 120
ÖZGEÇMİŞ 144

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler/ Kısaltmalar	Açıklama
℃	Derece santigrad
m	Metre
pH	Hidrojenin gücü
DTI	Boya transferini önleyici inhibitörü
UV	Ultraviyole
nm	Nanometre
Abs	Absorbans
T	Transmitans

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Reaktif boyarmaddelerin genel yapısı 7
Şekil 2.2. Çift monoklorotriazin grubu 10
Şekil 2.3. Monoklortriazin reaktif boyarmaddeleri için nükleofilik yer değiştime reaksiyonu 13
Şekil 2.4.Vinilsülfon reaktif boyarmaddeleri için nükleofilik katılma reaksiyonu 13
Şekil 2.5. Substantiviteyi etkileyen faktörler 18
Şekil 2.6. Difüzyon oranını etkileyen faktörler 20
Şekil 3.1. Numune boyama makinesi 49
Şekil 3.2. UV-VİS Spektrofotometresi 49
Şekil 3.3. Yıkama haslığı makinesi 50
Şekil 3.4. Sürtme haslığı test cihazı 50
Şekil 3.5. Hava ve oksijen süspansiyonlu nanobubble jeneratörü 51
Şekil 3.6. Açık-orta-koyu tonlar için konvansiyonel reaktif boyama diyagramı 52
Şekil 3.7. Açık ton boyamalar için uygulanan yıkama prosesi 58
Şekil 3.8. Orta ton boyamalar için uygulanan yıkama prosesi 58
Şekil 3.9. Koyu ton boyamalar için uygulanan yıkama prosesi 59
Şekil 3.10. Açık ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı 59
Şekil 3.11. Orta ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı 61
Şekil 3.12. Koyu ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı 63
Şekil 3.13. Konvansiyonel boyama diyagramı (numune boyama) 64
Şekil 3.14. Orta ton için konvansiyonel yıkama prosesi (numune yıkama) 65
Şekil 3.15. Orta ton için yapılan yıkamalarda sıcaklık artırımı prosesi (numune yıkama) 66
Şekil 4.1. Sırasıyla “122151 somon” ve “132736 gül kurusu” adlı karışım boyamalarına ait yıkama atıksuları ve kumaşlarına ait görseller 67
Şekil 4.2. Araştırılan açık ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği 68
Şekil 4.3. Araştırılan açık ton boyamalarına ait yıkama banyolarının %T grafiği 69
Şekil 4.4. Orta tonda yapılmış karışım boyamalara ait sırasıyla yıkama atıksularının ve kumaş numunelerinin görselleri 69
Şekil 4.5. Araştırılan orta ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği 72
Şekil 4.6. Araştırılan orta ton boyamalarına ait yıkama banyolarının transmitans grafiği 72
Şekil 4.7. Koyu tonda yapılmış karışım boyamalara ait sırasıyla yıkama atıksularının ve kumaş numunelerinin görselleri 73
Şekil 4.8. Araştırılan koyu ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği 76
Şekil 4.9. Araştırılan koyu ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği 76
Şekil 4.10. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “175518 grey” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli 78
Şekil 4.12. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “162777 duck egg” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli 80
Şekil 4.13. Açık tonda yapılan boyamalarda, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri 81
Şekil 4.14. Açık tonda yapılan boyamalarda, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri 81
Şekil 4.15. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “120303 yellow” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli 82

Şekil 4.16. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “145414 wishfulblue” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli 83
Şekil 4.17. Orta tonda yapılan boyamalar için, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri..... 84
Şekil 4.18.Orta tonda yapılan boyamalar için, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri..... 84
Şekil 4.19. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “160165 navy” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli 85
Şekil 4.20. Koyu tonda yapılan “160165 navy” boyamasının, yıkama atıksularının absorbans eğrisi..... 86
Şekil 4.21. Koyu tonda yapılan “160165 navy” boyamasının, yıkama atıksularının transmitans eğrisi 86
Şekil 4.22. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalı numunelerin yıkama atıksularına ait görsel..... 87
Şekil 4.23. Monofonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının absorbans eğrileri 88
Şekil 4.24. Monofonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının transmitans eğrileri..... 88
Şekil 4.25. Bifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının absorbans eğrileri 89
Şekil 4.26. Bifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının transmitans eğrileri 89
Şekil 4.27. Trifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının absorbans eğrileri 89
Şekil 4.28. Trifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının transmitans eğrileri 90
Şekil 4.29. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalı kumaşlara ait görsel..... 90
Şekil 4.30. Konvansiyonel (işletme standartları) ve aynı prosesin difüzyon fazında 95℃’ de yıkama yapılarak elde edilen çözeltileri..... 91
Şekil 4.31. Bifonksiyonel *Synozol Red KHL* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemindeki kaynar sabunlama adımının sıcaklığının artırımı sonrası elde edilen absorbans eğrisi..... 92
Şekil 4.32. Bifonksiyonel Synozol Red KHL boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen transmitans eğrisi..... 92
Şekil 4.33. Bifonksiyonel *Synozol Red KHL* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlem sonrası elde edilen absorbans eğrisi 93
Şekil 4.34. Bifonksiyonel *Synozol Red KHL* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen transmitans eğrisi..... 93
Şekil 4.35. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemindeki kaynar sabunlama adımının sıcaklığının artırımı sonrası elde edilen absorbans eğrisi..... 94
Şekil 4.36. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemindeki kaynar sabunlama adımının sıcaklığının artırımı sonrası elde edilen transmitans eğrisi 94
Şekil 4.37. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen absorbans eğrisi 94
Şekil 4.38. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen transmitans eğrisi..... 95

Şekil 4.39. Monofonksiyonel *Itofix turquoise* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen absorbans eğrisi 95
Şekil 4.40. Monofonksiyonel *Itofix turquoise* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen transmitans eğrisi 96
Şekil 4.41. Monofonksiyonel Itofix turquoise boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen absorbans eğrisi 96
Şekil 4.42. Monofonksiyonel Itofix Turquoise boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen transmitans eğrisi 96
Şekil 4.43. Boyalı kumaşların konvansiyonel ve sıcaklık artışı ile yapılan yıkama sonrası D65 ışığı altındaki görselleri 97
Şekil 4.44. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf ve yumuşak suların, reaktif yıkama prosesinde kullanımına ait atıksu görselleri 98
Şekil 4.46. Bifonksiyonel (*Synozol Red KHL*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği 99
Şekil 4.47. Bifonksiyonel (*Synozol Red KHL*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği 100
Şekil 4.48. Bifonksiyonel (Synozol Red KHL) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği 100
Şekil 4.49. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf ve yumuşak suların, reaktif yıkama prosesinde kullanımına ait atıksu görselleri 101
Şekil 4.50. Bifonksiyonel (Synozol Red KHL) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği 101
Şekil 4.51. Bifonksiyonel (*Synozol Blue KBR*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği 102
Şekil 4.52. Bifonksiyonel (*Synozol Blue KBR*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği 102
Şekil 4.53. Bifonksiyonel (*Synozol Blue KBR*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği 102
Şekil 4.54. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf ve yumuşak suların, reaktif yıkama prosesinde kullanımına ait atıksu görselleri 103
Şekil 4.55. Bifonksiyonel (*Itofix Turquoise)* boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği 104
Şekil 4.56. Monofonksiyonel (*Itofix Turquoise*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği 104
Şekil 4.57. Monofonksiyonel (*Itofix Turquoise)* boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği 104
Şekil 4.58. Monofonksiyonel (*Itofix Turquoise)* boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği 105
Şekil 4.59. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf su ve yumuşak su numunelerinin, reaktif boyama sonrası yıkamalarında kullanımına ait kumaş görselleri 106
Şekil 4.60. Sabun kullanımı elimine edilen yeni yıkama rejimleri ile konvansiyonel yıkama rejiminin KOİ grafiği 107
Şekil 4.61. Konvansiyonel ve yeni yıkama rejimlerinin difüzyon fazlarınına ait KOİ değerleri 108
Şekil 4.62. Yeni yıkama rejimlerine ve konvansiyonel yıkama rejimine ait K/S değerlerinin gösterimi 109
Şekil 4.63.Yeni yıkama rejimlerine ait ΔE renk farklılığı değerlerinin gösterimi 109

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge3.1. İşletme şartlarında açık-orta-koyu tonda yapılan karışım boyamalarda ve laboratuvar şartlarında araştılan orta ton (%1'lik) boyamalarda kullanılan boyarmaddeler ve konsantrasyonları.....47
Çizelge 3.1. İşletme şartlarında açık-orta-koyu tonda yapılan karışım boyamalarda ve laboratuvar şartlarında araştılan orta ton (%1'lik) boyamalarda kullanılan boyarmaddeler ve konsantrasyonları (devam) 48
Çizelge 3.2. Açık tonda 122151 somon adlı karışım boyamasına ait reçeteler 53
Çizelge 3.3. Açık tonda 132736 gül kurusu adlı karışım boyamasına ait reçeteler.....53
Çizelge 3.4. Orta tonda 135194 super pink adlı karışım boyamasına ait reçeteler.....54
Çizelge 3.5. Orta ton 165214 turquoise adlı karışım boyamasına ait reçeteler.....54
Çizelge 3.6. Orta tonda yapılan 145475 Blue adlı karışım boyamasına ait reçeteler 55
Çizelge 3.7. Koyu tonda yapılan 142705 red paspas adlı karışım boyamasına ait reçeteler 55
Çizelge 3.8. Koyu tonda yapılan 160170 navy adlı karışım boyamasına ait reçeteler ...56
Çizelge 3.9. Koyu tonda yapılan 142705 red adlı karışım boyamasına ait reçeteler.....56
Çizelge 3.10. Koyu tonda yapılan 160210 navy adlı karışım boyamasına ait reçeteler .57
Çizelge 3.11. Açık tonda yapılan 175518 grey adlı karışım boyamasına ait reçeteler ...60
Çizelge 3.12. Açık tonda yapılan 162777 duck egg adlı karışım boyamasına ait reçeteler 61
Çizelge 3.13. Orta tonda yapılan 120303 yellow adlı karışım boyamasına ait reçeteler 62
Çizelge 3.14. Orta tonda yapılan 145414 wishfulblue adlı karışım boyamasına ait reçeteler.....62
Çizelge 3.15. Koyu tonda yapılan 160165 navy adlı karışım boyamasına ait reçeteler .63
Çizelge 4.2. "122151 somon" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri....67
Çizelge 4.3. "132736 gül kurusu" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri....68
Çizelge 4.4. "132736 gül kurusu" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri 68
Çizelge 4.5. "135194 super pink" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri.....70
Çizelge 4.6. "135194 super pink" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri 70
Çizelge 4.7. "165214 turquoise" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri.....70
Çizelge 4.8. "165214 turquoise" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri71
Çizelge 4.9. "145475 blue" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri.....71
Çizelge 4.10. "145475 blue" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri.....71
Çizelge 4.11. "142705 red paspas" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri...73
Çizelge 4.12. "142705 red paspas" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri 74
Çizelge 4.13. "160170 navy" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri.....74
Çizelge 4.14. "160170 navy" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri.....74
Çizelge 4.15. "142705 red" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri.....75
Çizelge 4.16. 142705 red adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri.....75
Çizelge 4.18. 160210 navy adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri 76
Çizelge 4.19. "175518 grey" adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri 79
Çizelge 4.20. Atıksuları yeniden kullanılan "175518 grey" adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları 79

Çizelge 4.21.“162777 duck egg” adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri 80
Çizelge 4.22. Atıksuları yeniden kullanılan “175518 grey” adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları 80
Çizelge 4.23. “120303 yellow” adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri 82
Çizelge 4.24. Atıksuları yeniden kullanılan “120303 yellow” adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları 82
Çizelge 4.25. “145414 wishfulblue” adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri (1-6 yıkama banyoları) 83
Çizelge 4.26. Atıksuları yeniden kullanılan “145414 wishfulblue” adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları 83
Çizelge 4.27. “160165 navy” adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri 85
Çizelge 4.28. Atıksuları yeniden kullanılan “160165 navy” adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları 86
Çizelge 4.29. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalar ile çalışılmış yıkama banyolarının (1-6), absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması 88
Çizelge 4.30. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalar ile boyanmış pamuk havlu kumaşların yıkama ve sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması 91
Çizelge 4.31. Bifonksiyonel Synozol Red KHL boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama ve sıcaklık artırımına bağlı sabunsuz yıkama çalışması sonrası elde edilen atıksuların absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması 92
Çizelge 4.32. Bifonksiyonel Synozol Blue KBR boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama ve sıcaklık artırımına bağlı sabunsuz yıkama çalışması sonrası elde edilen atıksuların absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması 93
Çizelge 4.33. Monofonksiyonel *Itofix turquoise* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama ve sıcaklık artırımına bağlı sabunsuz yıkama çalışması sonrası elde edilen atıksuların absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması 95
Çizelge 4.34. Bifonksiyonel Synozol Red KHL boyalı numunenin, konvansiyonel ve sıcaklık artırımı proseslerindeki haslık değerleri 97
Çizelge 4.35. Bifonksiyonel Synozol Blue KBR boyalı numunenin, konvansiyonel ve sıcaklık artırımı proseslerindeki haslık değerleri 97
Çizelge 4.36. Bifonksiyonel Itofix Turquoise boyalı numunenin, konvansiyonel ve sıcaklık artırımı proseslerindeki haslık değerleri 97
Çizelge 4.37. *Synozol Red KHL* boyalı numunelerin her iki nanobubble suyu ile yapılan yıkama banyolarının absorbans ve transmitans değerleri 99
Çizelge 4.38. *Synozol Blue KBR* boyalı numunelerin her iki nanobubble suyu ile yapılan yıkama banyolarının absorbans ve transmitans değerleri 101
Çizelge 4.40. Saf su kullanılarak açığa çıkan nanobubble sularının, *Synozol Red KHL, Synozol Blue KBR* ve *Itofix Turquoise* boyamalarına ait yıkama proseslerinde kullanımına bağlı haslık değerleri 105
Çizelge 4.41. Yumuşak su kullanılarak açığa çıkan nanobubble sularının, *Synozol Red KHL, Synozol Blue KBR* ve *Itofix Turquoise* boyamalarına ait yıkama proseslerinde kullanımına bağlı haslık değerleri 105
Çizelge 4.42. Sabun kullanımı elimine edilen yeni yıkama rejimleri ile konvansiyonel yıkama rejiminin KOİ yüklerinin gösterimi 106

Çizelge 4.43. Konvansiyonel ve yeni yıkama rejimlerinin difüzyon fazlarına ait KOİ ve absorbans değerleri 108

1. **GİRİŞ**

Küreselleşen dünyada, artan çevre problemleri ve rekabet koşullarına karşı, tüm sektörler gibi tekstil sektörü de yeni yaklaşım ve çözüm arayışları içerisine girmektedir. Uygulanan tekniklerin, kullanılan hammaddelerin, elde edilen ürünlerin teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli yenilenmesini gerektiren bu arayışlar, özellikle tekstil endüstrisinde boyama sırasında yüksek miktarlarda temiz su tüketimine yönelik araştırmaları içermektedir.

Tekstil endüstrisinde boyama sırasında yüksek miktarlarda kullanılan temiz su, boyama sonrasında bağlanmamış boyarmadde, inorganik tuzlar, alkaliler vb. pek çok önemli kimyasal atık yükü oluşturmaktadır. Bu nedenle, boyama işlemindeki su, enerji, boyarmadde ve kimyasal tüketimini, atık yükünü ve atık su kirliliğini azaltmak üzere daha ekolojik ve sürdürülebilir yöntemlere gereksinim duyulmaktadır (Khatri ve diğ., 2014).

Ayrıca, tekstil endüstrisine yönelik kişi başına talebin, dünya nüfusunun da artmasına paralel olarak sürekli artacağı öngörüldüğünden; günümüzde su kullanımını azaltmak ve zararlı kimyasalları uzaklaştırmak ve geri kazanmaya yönelik çözümler bulmak, bir zorunluluk haline gelmiştir (King, 2007).

Tekstil endüstrisinin ekolojiye olumsuz etkisinin azaltılabilmesi amacıyla çevre dostu ve sürdürülebilir boyama yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Xia ve diğ., 2018). Daha az kimyasal madde ve enerji tüketilen işlemler daha sürdürülebilir ve daha az kirletici olacaktır. Pek çok araştırmacı daha sürdürülebilir reaktif boyama işlemi için alternatif yollar geliştirerek yeni yöntemler ortaya koymuş olsa da elde edilen çıktılar ticari tüketime entegre edilemeyip, akademik seviyede kalmıştır.

Gezegenimizin %70'i su ile kaplı olmasına karşın, bunun sadece %2,5'luk kısmı, tatlı sudan oluşmaktadır. Bunun da yaklaşık %70'i, Antarktika ve Grönland buzullarında bulunmaktadır. Kalan bölümün büyük bir kısmını da topraktaki nem ve yeraltı suları oluşturmaktadır. Dünyadaki suyun %0,08'inden daha az bir bölümü, insanların kullanımına doğrudan erişim olanağı sunmasına rağmen bu da oldukça düzensiz bir dağılım göstermektedir. Yerkürede halen yaklaşık 1,1 milyar kişi güvenli su kaynağından yoksundur (Gültepe, 2006).

Nüfus ve sanayi faaliyetlerindeki hızlı artış yüzünden su talebi, her 21 yılda iki katına çıkmaktadır. Son yıllarda yağışların azalmasından dolayı, dünya nüfusunun yarısından fazlasının temiz suya erişimi daha zor bir hale gelmiştir. Birleşmiş Milletler'in su kaynakları ile ilgili raporlarında 80'den fazla ülkenin su sorunuyla karşı karşıya olduğu, 1,2 milyar kişinin tüketim için temiz suya erişemediği ve 2025 yılında da bu sayının 2,7 milyar olacağının öngörüldüğü belirtilmektedir. Su kaynaklarının kirlenmesindeki sebeplerin başında boyarmadde içeren endüstriyel atıksular gelmektedir (Ahuja, 2009).

Hem ekosistemi hem de insan sağlığını tehdit eden bu toksik boyarmaddeler, güneş ışığına ve ısıya karşı dirençlidir. Dünya çapında, tekstil, ilaç, gıda, deri, gibi pek çok endüstride yıllık 700,000 ton civarında, 10,000 farklı boyarmadde ve pigment üretimi olmaktadır. Bu üretimin sadece, %1-15'i atık olup, yasalara uygun bir şekilde arıtım tesislerinde işlem görüp, deşarj edilmektedir (Christie, 2007).

Küresel bir sorun olan su kaynaklarının temiz tutulması, insan sağlığı ve çevre için hayati önem taşıdığından hem toplum kuruluşları hem de sanayiler, su ve atık su için gelişen teknolojik uygulamalardan yararlanmakta ve bu konudaki çalışmaları desteklemektedirler (Ahuja, 2009). Kirletmeyi ortadan kaldırmak ve atıksuyu renksizleştirmek için kullanılan kimyasallar da atıklara neden olmaktadır. Bu işlemler için kullanılan kimyasal maddelerin oluşturduğu zararlı salınımlar, çevre yasaları ile daha da daraltılan limitler aracılığıyla zorlayıcı yaptırımlar ortaya koymaktadır. Tüm bu nedenlerle reaktif boyama konusunda yeni, sürdürülebilir ve ekolojik yöntemler ortaya konması gerekmektedir.

Reaktif boyarmaddelerin diğer boyarmaddelere göre avantajları; canlı renklere sahip olması, farklı boyama yöntemleri ile tekrarlanabilir olması, düzgün boyama yapılabilmesi, geniş renk paleti, boyarmaddenin lif içine hızlı difüzyonu ve lifle kovalent bağ oluşturması dolayısıyla yüksek haslık özellikleri, kolay uygulanabilirliği sayesinde düşük enerji gereksinimi, raf ömrünün uzunluğu şeklinde sıralanabilir (Hunger, 2003).

Reaktif boyarmaddelerin dezavantajları ise; kolay hidrolize olmaları ve düşük fikse yüzdeleri nedeniyle atık suda fazla miktarda bulunmalarıdır. Boyama işlemlerinde yüksek miktarlarda kimyasal ve su tüketilmektedir.

Hem boyama işleminde hem de diğer işlem adımlarında kullanılan inorganik ve organik yapıdaki kimyasalların çeşitlerine göre, oluşan atıksuların özellikleri de değişiklikler göstermektedir. Boyarmaddelerin suda yaşayan organizmalarda birikmesi, kanserojenik ve zararlı bileşiklerin ortaya çıkma riskini arttırmaktadır. Bu konu göz önünde bulundurulduğunda, tekstil atıksularının renksizleştirme işlemleri çevre için büyük önem arzetmektedir. Fakat, atık sulardaki boyarmaddelerin karmaşık kimyevi yapıları ve sentetik içeriklerine dayanarak uzaklaştırılması çok zahmetli bir iştir. Renkli atıksuların renksizleştirilmesi için çeşitli alternatif yöntemler mevcuttur (Santhy ve Selvapathy, 2006).

Tekstil terbiye endüstrisi kumaşlara ve giysilere son görünümlerini ve özelliklerini vermektedir. Çevre dostu olmayan bu endüstriyel faaliyetlerin, esas olarak büyük kimyasal tüketimi ve su ve enerji kaynaklarının yoğun kullanımı, gerekli atık su arıtmaları yıkama ve boyama gibi süreçler şu anda ıslak uygulama sistemleri ve büyük miktarda su ve açığa çıkan atık suyun arıtılması gerektiren kimyasallar tarafından geliştirilmiştir. Terbiye işlemleri için nanobubble teknolojisinin kullanılması, geleneksel sistemlere kıyasla kimyasal tüketimi ve aynı zamanda su tüketimini azaltabilmektedir (Khan ve Jintun, 2021). Günümüzde reaktif boyama sürecinin daha ekolojik bir hale gelmesi için çalışmalar devam etmektedir. Özellikle boyama işlemi sonrası oluşan atıksuyun incelenmesi üzerine çok sayıda çalışma yürütülmektedir.

Reaktif boyarmaddeler, günümüzde tekstil endüstrisinde en çok kullanılan boyarmaddeler ve boyama işlemlerinde yüksek su tüketimi ve ciddi atık yükü söz konusu olduğu için, teorik ve deneysel pek çok araştırmaya konu olmuştur. Yapılan literatür araştırması neticesinde boyama işleminde su tüketimini azaltacak, oluşan atık miktarını azaltacak hatta geri dönüştürülebilir atık verebilecek reaktif boyarmaddelerin geliştirilmesi amacıyla çeşitli çalışmaların gerçekleştirildiği görülmüştür. Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu'nun tanımına göre sürdürülebilir bir reaktif boyama işlemi, mevcut yöntemler ile eş değer ya da daha yüksek kalitede, eşit ya da daha düşük maliyetli, çevreye daha az zararlı atık veren, yenilenebilir kaynaklar kullanılmasını hedefleyen, besin ve su döngüsünü negatif yönde etkilemeyecek bir boyama olması gerekmektedir (Lawrence, 2017).

Bu bağlamda bu tez çalışmasında, hazır giyim ve konfeksiyon ürünlerinin büyük bölümünü oluşturan pamuklu ürünlerin, tekstil ihracat sektöründe en yaygın tercih edilen boyarmadde grubu olan reaktif boyarmaddelerle boyanması süreci için, bir ve/veya birden fazla reaktif gruba sahip reaktif boyarmaddelerin, yıkama atıksularında göstermiş olduğu kirlilik öncelikle işletme şartlarında karışım boyamalar üzerinden araştırılmıştır.

Yapılan proses takibi sonuçlarına göre yıkama atıksularının bazı banyolarının tekrar kullanımı denenerek sürdürülebilir bir proses araştırılmıştır.Atık su kirliliğini ve kimyasal kullanımını azaltmak amacıyla deterjan kullanımının elimine edilebilirliği incelenmiş ve nanobubble teknolojisinin kullanıldığı, yeni yıkama rejimleri araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Reaktif Boyarmaddeler

2.1.1. Reaktif boyarmaddelerin gelişimi

1956 Yılında ICI çalışanları I.D. Rattee ve W. Stephen tarafından ortaya konan reaktif boyarmaddeler, günümüzde hem boyama hem de baskı işlemlerinde sıkça kullanılan boyarmadde sınıfıdır. Neredeyse tüm lif türleri üzerinde kullanılabilen, lif üzerine kimyasal bağla bağlanarak kolay kolay sökülemeyen, yıkama sonucu renk solmasının görülmediği boyarmaddelerdir. Rattee ve Stephen, bilinen boyarmaddelerin üzerine, bu boyarmadde molekülünü kumaşın üzerine kimyasal bağla bağlayan reaksiyon yeteneği yüksek grupları boyarmadde molekülüne bağlayarak, reaktif boyarmaddeleri ortaya çıkartmışlardır (Khatri ve diğ., 2014).

Reaktif boyarmaddelerle selülozik liflerin boyanmasında görülen avantajlar şöyle sıralanabilir: (Khatri ve diğ., 2014);

Reaktif boyarmaddeler uygun koşullarda lifle kimyasal bir reaksiyon sonucu kovalent bağ oluşturabilen tek boyarmadde grubudur. Karakteristik özellikleri basit ve küçük molekül yapısına sahip olmalarıdır. Sahip oldukları molekül ağırlığı değerleri çoğunlukla 69-221 g/mol' dür. Küçük parçacık özellikleri pamuk lifine hızlı difüze olmalarını sağlamaktadır. Yüksek parlaklık özelliğine sahip reaktif boyarmaddeler basit ve küçük molekül yapıları sayesinde renk spektrumunda yüksek ve dar pik göstermektedirler. Çoğunlukla kırmızı, mavi, sarı, turuncu renklerin elde edilmesinde kullanılmaktadırlar. Boyarmadde sınıfı olarak reaktif boyarmaddeler, geniş renk paleti ve basit uygulama yöntemleri ile özellikle pamuk liflerinin boyanmasında oldukça büyük başarıya sahiptirler. İçerdikleri gruplar sayesinde suda kolayca çözünebilir oldukları hazırlanan boyarmadde çözeltileriyle direkt boyama yapılabilmektedir. Pamuk liflerinin yanı sıra az olmakla birlikte ipeği, yünü ve poliamidi boyamada da kullanılabilmektedirler (Wakelyn ve diğ., 2007).

Pamuklu dokuma ve örme kumaşların %80 gibi büyük bir kısmı reaktif boyarmaddeler ile boyanmaktadır. Reaktif boyarmaddeler, boyama sırasında oluşan kovalent bağlar sayesinde iyi haslık özelliklerine sahiptir.

Reaktif boyarmaddelerin bazı genel özellikleri aşağıdaki gibidir: (Hunger, 2003);

- Reaktif boyarmaddeler, selüloz, protein ve poliamid liflerinin boyanmasında kullanılan anyonik boyarmaddelerdir.
- Reaktif boyarmaddeler toz, sıvı ve mat hamur formunda bulunur.
- Boyama sırasında bu boyarmaddenin reaktif grubu, lif ile kovalent bağ oluşturur ve lifin ayrılmaz bir parçası haline gelir.
- Reaktif boyarmaddeler suda çözünür.
- Yaklaşık 6 derece ile çok iyi bir ışık haslığına sahiptirler.
- Reaktif boyarmaddelerle boyanmış tekstil malzemeleri, lif ile reaktif boyarmadde grubu arasında oluşan güçlü kovalent bağları nedeniyle, yaklaşık 4-5 derece ile iyi yıkama haslığına sahiptir.
- Reaktif boyarmadde, daha parlak tonlar verir ve orta sürtme haslığına sahiptir.
- Boyama için daha az zaman ve düşük sıcaklık gerektirir.

Reaktif boyarmaddelerle selülozik liflerin boyanmasında görülen avantajlar şöyle sıralanabilir: (Khatri ve diğ., 2014);

- Canlı, parlak renk eldesine imkan tanır.
- Renk gamı tamdır.
- Kombinasyon boyamalarda iyi uyum gösterirler.
- Tüm boyama yöntemlerine uygundurlar. Bu boyarmaddelerin basit uygulanabilirlik özellikleri maliyet açısından önem taşımaktadır.
- Yüksek ölçüde tekrarlanabilirlik gösterirler.
- Azo grubu reaktif boyarmaddeler kolay aşındırılabilir ve böylece aşındırma baskı işleminde rahatlıkla uygulanabilirler.

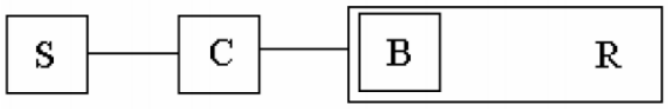
Reaktif boyarmaddeler ile boyamada yaşanan dezavantajlar ise aşağıdaki gibidir:

- Alkali çözeltilere karşı dayanıklı değillerdir ve klor haslıkları düşüktür. Merserizasyon, kasar ve pişirme gibi ön terbiye işlemlerine karşı dayanıklıkları olmadığından dokuma kumaş üretiminde iplik halinde boyama işlemi çok yapılmamaktadır.

- Perborat içeren çözeltilerle yapılan yıkama işlemlerine vinil sülfon yapıdaki boyarmaddeler dayanıklı değildir, zamanla renklerinde solma oluşabilmektedir.
- Boyama işleminden sonra yapılan yıkama işlemi çok zaman alır, uzundur. Dikkat edilmezse işlemlerin maliyeti yüksektir, su ve atık su problemi oluşturur.
- Merserize olmamış mamullere afiniteleri düşüktür.
- Boyama sonrası atık su içerisinde istenmeyen katı maddeler oluşur ve KOİ ihtiyacı yüksektir. Zira, reaktif boyarmaddelerin etkin kullanımı ve homojen bir şekilde bağlanabilmesi için boyama esnasında önemli miktarda inorganik tuz ve alkali kullanımı gerekir. (Khatri ve diğ., 2014).

2.1.2. Reaktif boyarmaddelerin kimyasal yapısı

Reaktif boyarmaddeler, lifle kovalent bağ oluşturan tek boyarmadde grubudur. İçerdiği reaktif grup; selülozik ve protein esaslı lif cinsleriyle reaksiyona girebildiğinden bu lifler için renklendirici olarak kullanılabilmektedir. Bir reaktif boyarmaddenin yapısı Şekil 2.1'de belirtilmektedir.



Şekil 2.1. Reaktif boyarmaddelerin genel yapısı (Usta, 2019)

1) **S: Suda çözünebilen grup**

Selülozik ve protein esaslı lifleri boyayabilme özelliğine sahip reaktif boyarmaddeler 1-4 adet -SO_3 grubu içermektedir. Molekülün suda çözünebilirliğini sağlayan bu -SO_3 grupları, poliamid lifini boyayabilen reaktif-dispers boyarmaddelerde bulunmamaktadır. Bu boyarmaddelerle dispers boyarmaddeleri ile boyama metoduna göre işlem yapılmaktadır.

2) **C: Moleküle renk veren grup**

Reaktif boyarmadde bileşiminde, kimyasal sınıflandırmada renklendirici grup olarak görülen pek çok sınıfa rastlanabilmektedir. Genellenecek olursa sarı, orange ve kırmızı

boyarmaddeler monoazo; mor, koyu kırmızı ve lacivert boyarmaddeler bakırlı mono ve di-azo; parlak ve açık mavi boyarmaddeler antrakinon ve fitalosiyanin yapısındadır.

3) B: Köprü bağları

Reaktif boyarmadde molekülündeki renklendirici grupla reaktif grubu birbirine bağlayan - SO_2- , -CO-, –NH- gibi gruplar köprü bağlarıdır. Bu grupların bağlama görevleri yanında başka etkileri de vardır. Örneğin, reaktif grubun reaktiflik derecesini etkilemektedirler. Bir amino grubunun dissosiasyonu boyarmaddenin reaktifliğini 10 kat düşürebilmektedir. Bu durumda sübstantivite ve dolayısıyla bağlanabilme özelliği düşmektedir. Aynı zamanda, köprü bağlarının önemli özelliklerinden biri boya-lif bağının kopmasını engellemesidir.

4) R: Reaktif grup

Lifin fonksiyonel grubuyla kovalent bağı meydana getiren grup, boyarmaddenin reaktif grubudur. Selüloz liflerinde -OH, protein esalı liflerde ise -NH, -COO, -OH ve tiyoalkol reaktif grup ile reaksiyona girecek lifin fonksiyonel gruplarıdır. Poliamid lifinde ise birkaç tane uç -NH ve -COO grupları bulunmaktadır. İçerdiği bu gruplar nükleofilik özelliktedir, bundan dolayı da reaktif grup içindeki elektrofilik merkeze katılmaktadırlar.

Boyama işlemi sulu ortamda gerçekleştirildiğinden su içindeki –OH iyonları da reaktif grupla reaksiyone girebilir. Yani, boyarmaddenin hidrolizi gerçekleşmektedir. Hidroliz boyarmadde, lifle reaksiyon vermez.

Lif-boya bağlanması ile su-boya hidrolizi birbirleriyle yarış halinde olduğu için koşulların bağlanma reaksiyonunun gerçekleşmesi için hazırlanması gerekmektedir.

İkinci olarak ise, reaktif boyama işleminin etkinliği lif-boya kovalent bağının dayanıklılığına bağlıdır. Oluşturulan kovalent bağın yıkama ve ard işlemlerde hidrolize dayanıklı olması çok önemli bir etkendir (Baser ve İnanıcı,1990; İçoğlu, 2006).

2.2. Reaktif Boyarmaddelerin Sınıflandırılması

Reaktif boyarmaddeler; içerdikleri reaktif grup yapısı, kromofor grup yapısı ve lifle girdikleri reaksiyon olmak üzere 3 farklı grupta sınıflandırılabilmektedir.

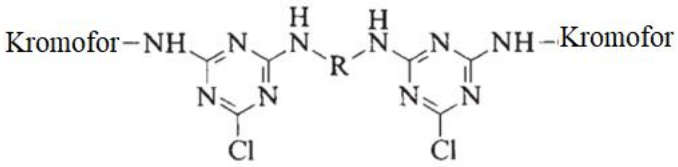
2.2.1 Reaktif gruba göre

Reaktif boyarmaddelerin reaktif grupları, monofonksiyonel, bifonksiyonel ve polifonksiyonel olmak üzere farklı sayılarda bulunabilir (Khatri ve diğ., 2014). En bilindik tek reaktif gruba sahip boyarmaddeler, siyanürik klorür türevleridir (2,4,6-triklor, 1,3,5-triazin). Bunlar, triazin halkasındaki 3 klor atomu farklı reaktivite gösterdiği için sentetik potansiyeli geniş moleküllerdir. Bileşiminde –NH grubu bulunduran bir kromofor grupla siyanürklorürün kondenzasyonu sonucunda yüksek reaktiflikte diklortriazin boyarmaddelerinin eldesi gerçekleştirilebilmektedir. Yüksek reaktiviteye sahip bu boyarmaddeler, hidrolize karşı hassastır. Klor atomlarından ikisi, örneğin amino ya da alkoksil gruplarıyla yer değiştirirse, monoklorotriazin boyarmaddeleri elde edilir. Bu yapıdaki reaktif boyarmaddeler, daha düşük reaktiviteye sahiptir ve selülozu çektirme yöntemine göre yüksek sıcaklıkta (80ºC) boyayabilmektedir.

Monoklorotriazin boyarmaddelerinin reaktivitesi, klor atomu yerine flor atomunun kullanılmasıyla artmaktadır. Böylece, çektirme yöntemi ile boyamada düşük sıcaklıkta (40ºC) işlem yapılabilmektedir. 1,3,5-triazinlere ek olarak, diğer heteroçiklik boyarmadde sınıfları da pamuk lifinin boyanmasında önemli bir yer kazanmışlardır.

Bu boyarmaddelerde fazla karbon atomu halkanın yeteneğini azalttığı için, reaktiviteleri triazinlerden daha düşüktür. Reaktif boyarmaddeler içerisinde çok büyük etkisi bulunan reaktif grup, 2- sülfoksietilsülfonil grubudur. Bu durumda alkali ile muamele, sülfürik asidin elimine edilmesini ve lif- boya bağının oluşmasını sağlayan vinilsülfon formuna dönüşmesini sağlamaktadır.

1980 yılının ortalarından günümüze değin, reaktif boyarmaddelerin fikse özellikleri bifonksiyonel reaktif boyarmaddelerin geliştirilmesiyle arttırılabilmiştir. Bifonksiyonel yapıdaki reaktif boyarmaddeler iki çeşittir. Bunlardan birincisi; aynı 2 reaktif grubu içerenler ve ikincisi; farklı iki reaktif grubu içeren boyarmaddeler şeklindedir. Şekil 2.2'de 1. çeşitte belirtildiği gibi aynı 2 monoklortriazin grubunun bağlanmasıyla oluşan bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Çift monoklorotriazin grubu (Hunger, 2003)

Böylece reaktif boyarmaddelere farklı kromofor grupların bağlanması şansı doğmuştur. Bu şekilde, daha belirgin renk tonları elde edilmektedir. Aynı 2 reaktif grubu içeren boyarmaddelerin sınıflandırılmasında, 2 vinilsülfon veya 2- sülfoksietilsülfonil gruplarından oluşan boyarmaddeler de yer almaktadır. Bunların yüksek fikse özelliklerine sahip olmalarının yanı sıra kolay üretilebilir ve ekonomik olmaları da sahip oldukları üstünlüklerdendir.

Farklı reaktif grupları içeren reaktif boyarmaddeler ilk kez 1959 yılında ortaya konmuştur. 1980'lerde ise bu iki fonksiyonel gruplu boyarmaddeler ilk defa piyasaya sürülmüşlerdir. Bu ürünler, farklı reaktiviteye sahip iki gruptan oluşan boyarmaddeler olarak sınıflandırılmaktadır (Grodon ve Hsieh, 2007);

• Yüksek reaktiflik özelliğine sahip 2-sülfohidroksietilsülfon grubu.
• Düşük reaktiflik özelliğine sahip olan monoklorotriazin grubu.

Ilık ya da soğuk koşullarda boyayabilen bu bifonksiyonel boyarmaddeler, halotriazin ve vinilsülfon grupları ile hazırlanmaktadırlar. Triazin halkasıyla lifin oluşturduğu bağ alkali şartlarda dayanıklı iken, vinilsülfon grubuyla lifin oluşturduğu bağ asidik şartlarda dayanıklıdır. Bu sebeple, bu boyarmaddelerle boyanan kumaşın haslık özellikleri geniş pH aralığında korunmaktadır.

Diklortriazin, diklorkinoksalin veya diflorklorprimidin gruplarını içeren iki fonksiyonel gruplu reaktif boyarmaddeler, asit ve perokside karşı daha yüksek dayanıklılığa sahiptirler.

İki fonksiyonel grup içeren reaktif boyarmaddeler gittikçe önem kazanmaktadır ve sadece monoklortriazin/vinilsülfon ve monoflortriazin/vinilsülfon gruplarını içeren boyarmaddeler ticari önem taşımaktadırlar (Hunger, 2003).

2.2.2 Kromofor gruplara göre

Reaktif boyarmaddelerin sentezlenmesinde neredeyse tüm kromofor gruplar kullanılmaktadır. Örnek olarak mono azo ve di-azo boyarmaddeler, metalkompleks azo boyarmaddeler, formazan boyarmaddeler, antrakinonlar, trifen dioksiazinler ve fitalosiyaninler söylenebilirler. Kromofor gruplar, boyarmadde üretici firmalar tarafından üretilen ürünlerin çoğunda değişiklikler gösterebilir.

Azo grubu içeren reaktif boyarmaddeler

Reaktif boyarmaddelerin birçoğu kromoforlarında azo (-N=N-) grubu içerirler ve bu yüzden de azo grubu içeren sınıftadırlar. Bu grupta renk spektrumundaki her boyarmadde, çeşitli yapısal değişikliklerle elde edilebilir. Mono azo ve di-azo yapıları, tekil veya çoğul aromatik ve heteroçiklik halka yapılarının bileşimi bu modifikasyonlara girmektedir (Hunger, 2003).

Metal kompleks azo grubu içeren reaktif boyarmaddeler

Boyarmaddelerin sahip olduğu yüksek ışık haslık özellikleri yapılarında içerdikleri metal kompleks azo grupları sayesindedir. Bakır kompleksini içeren azo boyarmaddelerin renk aralığı çok geniştir (sarı, mor, kahve rengi, yeşil, siyah). Örneğin, C.I. Reactive Red 23 boyarmaddesi bu grupta yer almaktadır (Hunger, 2003).

Antrakinon grubu içeren reaktif boyarmaddeler

Antrakinon grubu içeren reaktif boyarmaddeler sahip oldukları parlaklık özellikleri, yüksek ışık haslık değerleri ve alkali/asidik ortamlardaki renk dayanıklılıklarıyla ön plandadırlar.

Piyasadaki antrakinon boyarmaddeler; mor renkten mavi renge pek çok tona kadar değişiklik gösterebilmektedir. C.I. Reactive Blue 19 antrakinon boyarmaddelerindedir (Hunger, 2003).

Trifenodioksiazin grubu içeren reaktif boyarmaddeler

Trifenodioksiazin grubu içeren reaktif boyarmaddeler, trifenodioksiazin halkalı yapısıyla üretilmektedirler. Dioksiazin grubu içeren kromoforlar, alkali ve asitlere dayanıksızdır. Trifenodioksiazin kromoforları genellikle yüksek oranda aglomerasyon gösterir ve

düzlemsel yerleşimlerinden dolayı sahip oldukları substantiflik özellikleri yükselmektedir. Farklı reaktif gruplara sahip trifenodioksiazin grubu içeren reaktif boyarmadde örnekleri Çizelge 2.4'te verilmiştir (Hunger, 2003).

Formazan grubu içeren reaktif boyarmaddeler

Formazan grubu içeren reaktif boyarmaddelerin bakır kompleksleriyle, kırmızı tondan yeşilimsi mavi tona kadar pek çok ton elde edilebilir. Trifendioksiazin yapıları gibi molar emilim özellikleri yüksektir ve 1- (2- hidroksi fenil)-3-fenil-5-(2- karboksi fenil) formazan yapıdan türetilmektedirler. Yapılarında bulunan 3 halka, diğer gruplar ile boyarmaddenin reaktifliğini ve çözünürlük özelliğini arttırıcı bir rol oynamaktadır (Hunger, 2003).

Fitalosiyanin grubu içeren reaktif boyarmaddeler

Suda çözünebilir özelliğe sahip fitalosiyanin boyarmadde grubu ile diğer boyarmadde gruplarıyla elde edilemeyecek parlak turquaz ve yeşilimsi renkler elde edilebilir. Yüksek öneme sahip fitalosiyanin boyarmaddesinde, bakır veya nikel atomu merkezde yer alır, sülfonik asit ile yer değiştirirler ve ayrıca reaktif grupların bağlanması sülfonamid köprüleri üzerinden gerçekleşir. C.I. Reactive Blue 15 boyarmaddesi bu grupta yer almaktadır (Hunger, 2003).

2.2.3 Lif ile gerçekleşen reaksiyona göre

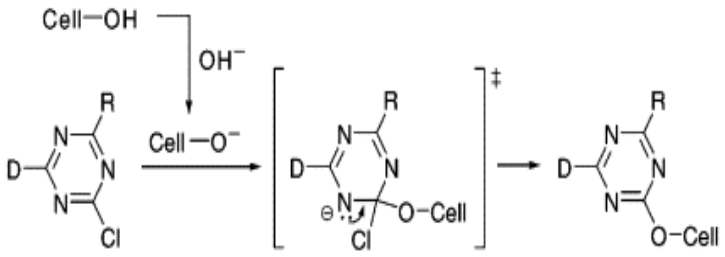
Reaktif boyar madddeler, boyayacakları lifle 2 farklı şekilde reaksiyona girerler. Bunlar; nükleofilik katılma ve nükleofilik yer değiştirme reaksiyonları olarak belirtilebilir.
Bu reaksiyonlardan başka farklı katılma ve elimine etme şeklinde reaksiyona giren, lifle asidik pH'ta reaksiyona giren, polifonksiyonel bağlanma bileşikleriyle reaksiyona girebilen reaktif boyarmaddeler de vardır (Hunger, 2003).

Nükleofilik substitusyonla reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler

Nükleofılik yer değiştirme reaksiyonu 2 aşamada gerçekleşir. 1. aşamada, lifin içerdiği nükleofilik fonksiyonel grup alkali ortamda katalizlenmekte ve boyarmaddenin içerdiği reaktif grubun elektrofilik merkezine katılmaktadır. 2. aşamadaysa, nükleofilik başka bir

grup eliminasyonu gerçekleşmektedir. Reaksiyonlar sonrasında lif-boyarmadde arasında ester-bağı oluşmaktadır.

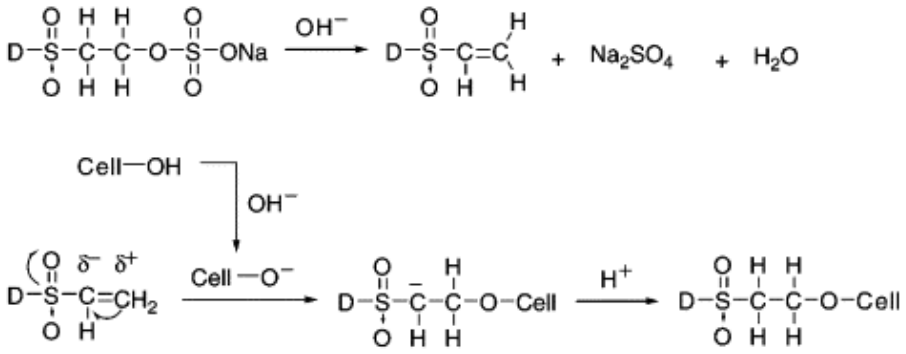
Nükleofilik yer değiştirme reaksiyonuyla bağlanabilen reaktif gruplar triazin türevleri ve diger heterosiklik gruplar olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir (Hunger, 2003). Şekil 2.3'te monokortriazin boyarmaddeleri için yer değiştirme reaksiyonu verilmiştir.



Şekil 2.3. Monoklortriazin reaktif boyarmaddeleri için nükleofilik yer değiştime reaksiyonu (Koh, 2011)

Nükleofilik adisyonla reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler

Öncelikle alkali yardımıyla katalizlenmeyle bir eliminasyon tepkimesi, ardından yine alkali yardımıyla katalizlenmiş adisyon reaksiyonu vermektedirler. Lifin içerdiği fonksiyonel grup ile katılma reaksiyonu gerçekleştirilmektedir. Genellikle vinilsülfon (-SO_2-CH=CH_2), sülfatoetilsülfon (-SO_2-CH_2 - CH_2- OSO_3Na) veya kloroetilsülfon (- SO_2 - CH_2- CH_2- Cl) gibi gruplardır. Vinilsülfon boyarmaddeleri için katılma reaksiyonu şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Vinilsülfon reaktif boyarmaddeleri için nükleofilik katılma reaksiyonu (Koh, 2011)

2.3 Reaktif Boyarmaddelerle Çektirme Yöntemine Göre Boyama

Çektirme yöntemine göre boyama, üç adımdan oluşmaktadır:

- Lif tarafından boyarmaddenin alınması,
- Boyarmaddenin life fikse olması,
- Fikse olmamış/hidroliz olmuş boyarmaddenin uzaklaştırılması.

Bu yönteme göre yapılacak boyama işlemi için yüksek substantivite özelliğine sahip boyarmaddeler seçilmelidir. Çünkü boyamadan sonra flottede fazla boyarmaddenin bırakılmaması istenmektedir. Fakat yüksek substantiviteye sahip olan boyarmaddelerin kullanımı hâlinde hidrolize olma tehlikesi artacağından boyama verimi azalacaktır. Bunu önlemek için yapılabilecekler;

- Boyamada işlem süresini olabildiği kadar kısaltmak,
- Boyamada flotteye olabildiğince geç ve mümkünse porsiyon halinde alkali ilavesi yapmak.

Reaktif boyarmaddelerle çektirme metoduna göre yapılan boyama işlemi, sıcaklığa bağlı ve yardımcı kimyasal ilave etme şekline bağlı olarak aşağıdaki gibi farklı gruplarda incelenebilmektedir;

Sıcaklığa bağlı yapılan çektirme metodları,

- İzoterm (sabit sıcaklıkla boyanma)
- Cool down (azalan sıcaklıkla boyanma)
- Artan sıcaklıkla boyanma.

Yardımcı kimyasalları ilave etme şekline bağlı yapılan çektirme metodları;

- 2 adımlı yöntem,
- Baştan alkali ilavesi ile boyama,
- Hepsi baştan verilerek (All-in) yapılan boyama yöntemi.

Çektirme metoduyla boyama işleminde kullanılabilcek makineler; lif ve bobin boyama makineleri ile jigger, haspel, overflow ve jet makineleridir. Genel yaklaşımlar bu boyama makinelerinde kullanılan yüksek flotte oranlarının düşürülmesidir. Dokuma kumaşlarda flotte oranı 1:3, örme kumaşlarda flotte oranı 1:5 olarak uygulanabilmektedir (Hunger, 2003).

Boyama işlemi aşamalı ya da hepsi içinde (all-in) metodlarından herhangi birine göre uygulanabilmektedir.

Çektirme yönteminde boyarmadde alınma oranını etkileyen faktörler boyarmaddenin substantifliği, lif cinsi, flotte oranı, boya banyosu pH'ı, boyama sıcaklığı, tuz konsantrasyonu, çeşidi ve flotteye ilave ediliş şekli, boyarmadde konsantrasyonu, baz konsantrasyonu ve çeşidi, boyarmaddenin düzgünleşme özelliği, boyarmaddenin kimyasal reaktivitesi, mamulün gördüğü ön terbiye işlemlerinin yeterliliği, boyama cihazının tipi ve boyama süresidir (İçoğlu, 2006).

Lifin boya alım hızı ise life, boyarmaddenin difüzyon özelliğine, boyama şartlarına (örneğin; flottenin hareketli olup olmaması, sıcaklık, lif yüzey-kütle oranı) bağlı olarak değişmektedir (Xia ve diğ., 2018).

Çektirme yöntemine göre boyamanın avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İşlem süresi ve sıcaklık istenildiği gibi ayarlanabilmektedir.
- Kadife benzeri havlı yüzeye sahip kumaşların boyanması tatmin edicidir.
- Metod kontinü yöntemlere göre daha basit olup hesap yapma ve flotte ilavesi daha kolay yapılmaktadır.
- Baş-son farkı, kanat farkı gibi hatalar meydana gelmez.
- Kısa metraj partileri için de uygulanabilmektedir. 50m uzunluğuna sahip kumaşlar bile rahatlıkla boyanabilmektedir.
- Yatırım masrafları düşüktür.
- Bu yöntemde çalışan ekipmanlar farklı amaçlar için de kullanılabilirler.

Örneğin; overflow makinesinde pişme, kasar, boyama, yıkama ve diğer bitim işlemleri yapılabilmektedir.

Çektirme yöntemine göre boyamanın dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Birçok boyama makinesinde halat halinde işlem yapıldığından kumaşta kırık izleri oluşma riski taşımaktadır. Bu nedenle kalıcı kırık izi bakımından tehlikeli kumaşlarda kullanılmamalıdır. Jiger ve levent boyama cihazları açık en çalışan makinelerdir fakat bunlarla da her mamül boyanamamaktadır.
- Uzun flotte oranları sebebiyle yüksek su tüketimi, atık su yükü, yüksek miktarda boyarmadde ve kimyasal tüketimi, enerji giderleri açısından yüksek maliyet gibi dezavantajlara sahiptir.
- Makine içine boyanacak materyalin doldurulması ve çıkarılması çok zahmetli bir iştir.
- Düşük üretim hızı özelliğine sahiptir ve işlemin tamamlanması için gereken süre uzundur.

2.4.Temel Kavramlar

Reaktif boyarmaddeler ile pamuk lifinin boyanması, direk boyarmaddelerle gerçekleştirilen boyama işlemi ile benzerlik göstermektedir. İki işlem arasındaki ana fark, lif- reaktif boyarmadde arasında oluşan kovalent bağdır. Boyama özelliklerini belirleyen temel parametreler, boyarmaddenin afinitesi, difüzyon yeteneği, reaktivitesi ve lif-boya kovalent bağının sağlamlığıdır.

Reaktif boyarmadde yapısında bulunan reaktif grupların yapısal özellikleri ve sayısı, fikse özelliklerini ve boyanmış mamülün haslık özelliklerini etkilemektedir. Patentlerde 300’ den fazla elektrofilik grup olduğu görülmektedir. Bunlardan yalnızca 10 -15 civarı selülozik liflerin boyanmasında pratik öneme sahiptir (Hunger, 2003).

2.4.1 Hidroliz ve reaktivite

Boyarmaddeyle lif arasında gerçekleşen reaksiyonlar katılma ve yer değiştirme tepkimeleridir. Vinilsülfon yapıdaki boyarmaddelerin selülozla gerçekleştirdiği tepkime, nükleofilik katılma reaksiyonudur.

Subtitüsyon grubu olarak, π elektron yoğunluk değeri azaltılmış, heteroçiklik halkaya sahip olan heteroçiklik gruplar kullanılır.

Hidroliz ya da alkoliz (selüloz anyonuyla gerçekleşen reaksiyon) oluşumu oranı, heteroçiklik nükleonlardan, substitüentlerden ve ayrılan grupların yapılarından etkilenmektedir. Nükleofilik substitüsyon reaksiyonlarında, reaktif gruplar ile selüloz anyonu arasında ester bağı, nükleofilik adisyon reaksiyonunda vinilsülfon ile hidroksil arasında eter bağı oluşmaktadır (Usta ve Özcan, 2021).

Hidroliz ve alkoliz reaksiyonları adeta birbirleriyle yarışır halde gerçekleşir. Yüksek pH'ta selüloz-O-/OH- oranı azalır. Bununla birlikte, hidrolizin aktivasyon enerjisi alkolizden daha yüksektir. pH'ın artması ve sıcaklık yükselmesi ile boyarmaddenin yapısına göre alkoliz oranı çoğunlukla azalmaktadır. Bu sebeple, sıcaklığın boyarmaddeye göre optimum olması gerekmektedir. Böylece, farklı sıcaklık değerlerinde boyayabilen reaktif boyarmaddeler vardır.

Hidrolize uğramış boyarmaddenin boyama özelliğini kaybederek verimini düşürmesi ve hidrolize uğramış boyarmaddenin lif yüzeyine mekanik olarak tutunarak yaş haslık özelliklerinin düşmesine sebebiyet vermesi, hidrolizden kaynaklanan iki temel çekincedir. Hidrolizi azaltmak için ise üç yol mevcuttur. Su kullanımının daha az olduğu emdirme metodu uygulamak ilk yoldur.

Boyarmaddenin selüloz lifine afinitesini arttırmak ise ikinci seçenektir. Fakat bu olay hidrolizin de artmasına sebep olur. Alkali ilavesinin mümkün olduğunca geciktirilmesi ise en etkili yoldur. Ortama alkali eklenmeden önce reaksiyon hızı yavaştır ve hidroliz de düşük seviyelerdedir. Alkali ilave edilince, hidroliz de artar. Bazik bir ortamda lifle reaksiyon hızı, hidrolizden daha fazla olsa da %15-20 civarında boyarmadde kaybına neden olmaktadır (İçoğlu, 2006).

Haslık ve uygulama özelliklerinin yanında reaktif boyarmaddelerin lif üzerine fiksaj olma yüzdeleri de oldukça önemlidir. Lifle kovalent bağ yapan boyarmadde miktarının life uygulanan toplam boyarmadde miktarına oranı fiksaj yüzdesini verir. Bu yüzde, ilk önce reaktif gruba bağlıdır ancak, daha başka faktörlere göre de değişkenlik göstermektedir. Yüksek sıcaklık ve yüksek pH, genellikle fiksajın artmasına sebep olmaktadır.

Fiksaj olayından hiçbir zaman %100 verim alınamaz. Selülozla boyarmadde arasındaki reaksiyon kantitatif değildir. Şöyle ki, selülozun her -OH grubuna bir boyarmadde molekülü bağlanmamaktadır.

Bu sebeple de selüloz moleküllerinin boyarmadde molekülleri üzerindeki doygunluk derecesi düşüktür. Boyamada, selülozun sadece %1'i boyanabilmektedir. Bu nedenle boyanmış ve boyanmamış pamuklar aynı kimyasal özellikleri taşımaktadır. (İçoğlu, 2006).

2.4.2 Substantivite

Geçerli olan boyama şartları altında, boyarmaddenin boya banyosu ve lif arasındaki dağılma özelliğinin ölçüsüdür. Bu nedenle, substantivite anlık bir durumdur ve boya, boya banyosu, sıcaklık ve lif gibi bazı parametrelerden etkilenmektedir. Substantiviteyi etkileyen faktörler Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5. Substantiviteyi etkileyen faktörler (Hunger, 2003)

Bütün bu değişken parametreler nedeniyle, substantivite yerine anlık substantivite terimini kullanmak daha doğru olur (Hunger, 2003).

Boya Afinitesi: Boyarmaddenin life olan ilgisidir. Genellikle boyarmadde yapısındaki kromor grup tarafından belirlenmektedir. Boya afinitesi boyarmaddenin karekteristik özelliği ile ilgilidir (Hunger, 2003).

Elektrolit konsantrasyonu: Selüloz saf su içerisinde negatif yükler taşır. Bu sebeple boyarmadde ve selüloz arasında elektrostatik anyon- anyon iticiliği vardır. Boyarmaddenin lif tarafından absorblanması için tekstil üzerinde pozitif yük oluşturacak elektrolit (tuz) kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sıcaklık: Sıcaklığın artması ile reaktif boyarmaddelerin substantivitesi azalırken, migrasyonu ise artmaktadır. Sıcaklık artışı ile boyarmadde yapısına göre genelde alkoliz oranı düşmektedir. Bu sebeple, daha düzgün boyama yapabilmek için sıcaklığın boyarmaddeye göre optimum olması gereklidir.

Banyo pH'ı: pH artar ise selüloz daha çok negatif yük taşır. Selülozdaki negatif yüklerin artması, boyarmadde ve lif arasındaki elektrostatik iticiliği yoğunlaştırmaktadır. Eğer standart afinite ve boyama şartları aynı kalırsa pH'ın artması substantivitenin düşmesine neden olmaktadır.

Lif cinsi: Aynı boyama konsantrasyonunda merserizeli pamuk, merserizesiz pamuğa göre daha derin renklerde boyanır veya viskon, pamuğa göre daha derin renk alır. Bu durumun substantivite ile doğrudan ilgisi yoktur ancak absorblanan boyarmadde miktarı aynıdır. Bu durum yansıma ile ilgilidir.

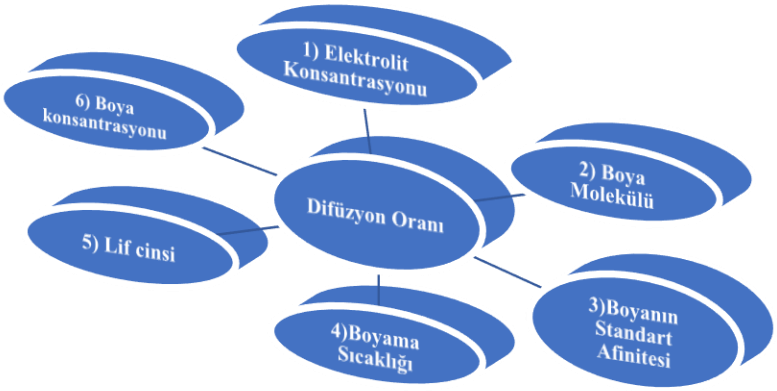
Banyo oranı: Banyo oranı arttığında, tüm reaktif boyarmaddelerin substantivitesi az veya çok oranda azalır. Bu oran, boyarmadde konsantrasyonuna bağlı olarak da değişiklik göstermektedir.

Boya konsantrasyonu: Lif yüzeyinin boya molekülü için sınırlı kapasitesi vardır. Boyarmadde konsantrasyonu artarsa, lif yüzeyi de kademeli olarak doyurulacaktır. Boyarmadde konsantrasyonunun artması substantiviteyi düşürmektedir.

2.4.3. Difüzyon oranı

Difüzyon oranı, boyarmaddenin lifin iç kısımlarına geçme, transfer olma oranıdır. Lif yüzeyine adsorbe olan boyarmadde hemen lif içine difüze etmeye başlar. Böylece, lif yüzeyinde boşalan aktif bölgelere yeni boyarmadde moleküllerinin çekimi gerçekleşir. Neticede, lif içindeki ulaşılabilir bölgelere boyarmaddenin uniform dağılımı gerçekleşmektedir (Hunger, 2003).

Difüzyon oranını etkileyen faktörler Şekil 2.6’ da verilmiştir.



Şekil 2.6. Difüzyon oranını etkileyen faktörler (Hunger, 2003)

Difüzyon oranının yüksek olması, hızlı bir denge kurulmasına ve boyarmaddenin adsorpsiyonundaki düzensizliklerin hızlı bir şekilde ortadan kaldırılmasına imkan tanımaktadır. Bunun yanında, difüzyon hızı hidrolize uğramış boyarmaddelerin uzaklaştırılmasını da kolaylaştırmaktadır. Boyarmadde substantivitesi arttırıldığında, düşük difüzyon oranlarıyla çoğunlukla birleşmektedir. Sıcaklığın 10 ºC ile 20 ºC arasında arttırılması difüzyon oranını iki kat arttırmaktadır. Kumaşa uygulanan ön terbiye işlemleri ve pamuğun merserize edilmesi de difüzyon oranını etkilemektedir. Pamuğun merserize edilmesiyle difüzyon oranı artmaktadır (Hunger, 2003).

2.4.4. Çekim ve fiksaj dereceleri

Çekim ve fiksaj dereceleri terimleri boyama sonucunda boyarmaddenin verimini ifade etmekte kullanılmaktadır. Çekim, birinci ve ikinci çekim olmak üzere iki basamaklıdır. Çekim miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilektedir.

$$\%E = 100 \times (C_i - C_S) / C_i \qquad (2.1)$$

Burada; %E, çekim yüzdesi, C_i, ilk çözeltide bulunan boyarmaddenin konsantrasyonu (g/l), C_S ise son çözeltide bulunan boyarmaddenin konsantrasyonu (g/l) olarak tanımlanmaktadır. Fiksaj yüzdesi hesaplanırken, hidroliz olan boyarmaddenin miktarı da göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

$$\%F = 100 \times (M_İ - M_S - M_U) / M_İ \quad (2.2)$$

Burada; %F, fiksaj yüzdesi, $M_İ$, ilk çözeltide bulunan boyarmaddenin kütlesi (g), M_S, son çözeltide bulunan boyarmaddenin kütlesi (g), M_U, yıkamayla uzaklaştırılan boyarmaddenin kütlesini (g) ifade etmektedir (Lewis ve Broadbent, 2008).

2.4.5. Lif-boyarmadde arasındaki bağın dayanıklılığı

Reaktif boyarmaddeler çok çeşitli olmalarından dolayı, bu boya tipinin haslık özelliklerinin genelleştirilmesi zordur. Yaş haslık özellikleri çoğunlukla reaktif gruplar tarafından belirlenmesine rağmen, diğer haslık özelliklerinin çoğu, boyarmaddenin tümüne veya kromofor grubun yapısına göre değişkenlikler gösterir.

Reaktif boyarmaddelerin çoğunluğunu oluşturan azo ve antrakinon boyarmaddeleri, farklı haslık karakterleri bulundurmaktadır. Trifenodioksiazin, fitalosiyanin ve formazan türevleri de ayrıca önemlidir. İlaveten, uygulama koşulları ve bitim adımları da haslık özelliklerini etkilemektedir. Örneğin, bazı reçine apre maddeleri ışık haslığı özelliklerinde düşmeye sebebiyet vermektedirler.

Reaktif grubun çeşidine göre, lif-boyarmadde bağının hidrolize karşı mukavemeti de değişkenlikler göstermektedir. Adisyon tepkimesiyle selüloza bağlanan vinilsülfon boyarmaddeleri, eter bağı olusturur ve eter bağı asidik hidrolize karşı çok büyük dayanıklılık göstermektedir.

Eter bağının, alkali çözeltilere karşı stabilitesi düşük olduğu için sıcak sodyum karbonat çözeltisine karşı haslığı kötüdür. Substitüsyon reaksiyonu veren boyarmaddelerin, lifle yaptıkları bağın stabilitesi alkali çözeltilere karşı genellikle iyidir. Bununla birlikte, elektron çekici subtitüentler varolduğunda iyi haslık özellikleri büyük ölçüde azalmaktadır (İçoğlu, 2006).

2.4.6. Bazik ortamın gerekliliği

Pamuğun reaktif boyarmaddeler ile boyanmasının bazik ortamda gerçekleştirilmesinin iki ana nedeni bulunmaktadır. İlk neden, selülozun bazik ortamda reaksiyona girme isteğinin yüksekliğidir. Diğeri ise, alkalinin klor atomu içeren heterosiklik halkalı boyarmaddelerden reaksiyon esnasında görülen HCl (hidroklorik asit) asidini

nötrleştirmesidir. Böylece, asidin liflere zarar vermesi engellenir. Alkali, HCl'yi nötralize ederek ortamdan uzaklaştırmasının yanı sıra, kimyasal denge açısından reaksiyon hızını arttırır ve böylece dengeyi boyarmadde/lif yönüne çevirir.

Ayrıca, β substitüe etan türevlerini içeren boyarmaddelerde ise subtitüentin koparak esas reaktif grup olan vinil grubunun oluşması bazik ortamda mümkün olmaktadır (İçoğlu, 2006).

Pamuğun reaktif boyarmaddelerle boyanması çoğunlukla bazik ortamda gerçekleşmekle birlikte, farklı ortamda boyayabilen reaktif boyarmaddeler de vardır. Fosfonat grubu içeren boyarmaddeler, asidik ortamda, dört seviyeli nikotinik asit türevleri ise nötr ortamda uygulanmaktadır. Bu boyarmaddeler, çoğunlukla poliester-selüloz karışımlarının boyanmasında kullanılmaktadır (Hunger, 2003).

2.4.7. Boyarmadde seçimi

Çektirme yöntemine göre boyama işleminde, substantivitesi yüksek olan ya da orta seviyede sübstantiviteye sahip boyarmaddeler tercih edilmektedir. Bu durumda substantivite fazla olduğunda, hidroliz de fazla olur ve fiksaj oranı düşer. Fiksaj oranını arttırabilmek için flotte oranını olabildiğince kısa tutmak ve bol miktarda tuzu flotteye ilave etmek gerekmektedir.

Yüksek reaktiviteye sahip olan boyarmaddeler düşük sıcaklıklarda çözülür, düşük reaktiviteye sahip boyarmaddeler ise kaynar suda çözülürler. Çözme işleminde yararlanılan üre, çözünürlüğü arttırmakta ve soğutma etkisi göstermektedir. Üre, özellikle kontinü yöntemlerde kullanılır. Çektirme yöntemine göre boyamalarda ise nadiren kullanılır (İçoğlu, 2006).

Optimum boyama koşulları, boyarmaddenin reaktivite özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Soğukta boyayan boyarmaddeler, 30-50 ºC'de, pH 10-11'de uygulanmakta, sıcakta boyayan boyarmaddeler ise 70-90 ºC'de, pH 11-12'de uygulanmaktadır. pH'ın ayarlanmasında alkali olarak soda ve kostik kullanılmaktadır (Hunger, 2003).

Türkiye'de, çektirme yöntemine göre gerçekleştirilen boyamalarda ise %70 oranında sıcakta boyayan reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır (İçoğlu, 2006).

2.4.8. Sıcaklık ve pH'ın ayarlanması

Reaktif boyarmaddeler ile boyama işleminde sıcaklık 10ºC arttırıldığında, boyarmaddenin reaksiyon hızı 4 kata kadar artmaktadır. Boyarmaddenin lifler tarafından alınması, düşük sıcaklıklarda daha fazladır.

Yüksek sıcaklıklarda ise, difüzyon ve düzgünleşme daha fazladır. Sıcaklıktaki artış substantiviteyi düşürmekte, reaktiviteyi ise arttırmaktadır. Boyarmaddenin fikse olması için gereken sıcaklık, boyarmaddenin cinsine ve baza göre değişkenlikler göstermektedir (İçoğlu, 2006).

pH'ın 1 derece artması, reaksiyon hızının 9-10 kat artabilmesini sağlamaktadır. pH ayarı için baz olarak soda yani sodyum karbonat ile kostik yani sodyum hidroksit kullanılır. İlaveten, sodyum bikarbonat ve trisodyumfosfat da kullanılabilmektedir. Hangisinin tercih edileceği, boyarmaddenin cinsine ve boyama yöntemine göre belirlenmektedir. Reaktif boyamalarda en çok tercih edilen baz, kalsine sodadır (%98 susuz sodyumkarbonat) (İçoğlu, 2006).

2.4.9. Tuz ve yardımcı maddelerin ilavesi

Tuz eklenmesi substantiviteyi arttırıcı etki oluşturmaktadır. Fakat tuz ilavesinin tamamının tek seferde yapılması, çok miktarda ise, düzgünsüz boyamaya sebep olmaktadır. Bunun önüne geçmek için tuz, porsiyonlar şeklinde eklenmelidir.

Tuz çeşidi olarak sofra tuzu ya da Glauber tuzu (sodyum sülfat) kullanılabilir. Sofra tuzu suda daha kolay çözünür ve atık su açısından da daha avantajlıdır. Ancak saflığı yüksek olan, tercihen kurutulmuş veya kalsine bir Glauber tuzu kullanılmalıdır.

Tuz ve alkali haricinde flotteye kırık önleyici, ıslatıcı, köpük giderici gibi yardımcı maddeler de eklemek mümkündür. Islatıcılar, mamulün düzgün ve hızlı bir şekilde ıslanmasını sağlar. Bunun yanında, kayganlaştırıcı etkisi kırık tehlikesini azaltıcı rol oynamaktadır. Genelde non-iyonik ıslatıcılar kullanılmaktadır (İçoğlu, 2006).

2.4.10. Yıkama işlemleri

Reaktif boyama sonrasındaki durulama adımındaki kimyasal, su ve enerji tüketimi kayda değerdir. Toplam KOİ deşarjının 3/4'ü ve harcanan suyun 3/4'ü yıkama ile ilişkilidir. Boyamadan sonra 800mg/l'ye ulaşabilen yüksek oranlarda hidrolize boyarmadde banyoda kalabilmektedir. Ayrıca boyamadan sonra gerçek renk tonunun ve maksimum haslığın elde edilebilmesi için yapılan durulama ve sabunlama proseslerinde de önemli miktarda boyarmadde liften ayrılmaktadır.

Yıkama esnasında hidrolizatın uzaklaştırılmasını üç ayrı fazda incelemek uygundur:

Değiştirme Fazı

Bu faz atık çözelti içerisindeki hidrolizatın büyük oranda uzaklaşmasını ve hidrolizatın substantivitesinin azalması için çözeltinin elektrolit konsantrasyonunun seyreltme yoluyla 1-2g/l'ye kadar düşürülmesini kapsar. Bu faz için ısıtmaya ihtiyaç yoktur. Yüksek sıcaklıklar hidrolizatın daha çok uzaklaştırılmasını sağlasa da faydalı olduğu ancak kullanılan suyun ısıtılması için ekstra bir ısıtma maliyeti olmazsa söylenebilir.

Difüzyon Fazı

Bu fazda hidrolizat lif içerisinden dışarıya doğru difüze olacaktır. Bu amaçla yüksek sıcaklıklar (80-98^{o}C boyama derinliğine bağlı olarak) ve daha uzun süre gerekecektir.

İkinci Değiştirme Fazı

Bu faz difüzyon fazı sonunda desorbsiyona uğrayan hidrolizatın uzaklaştırılmasını kapsar (Aniş, 2005).

Yıkamada amaç, lif üzerine tutunan hidrolize ugramış boyarmaddeleri mamülden uzaklaştırmaktır. Önce soğuk, sonrasında sıcak durulamaların (kaynar sabunlama) ardından, tekrar soğuk durulamalarla işlem tamamlanır. Duruma göre asetik asitle nötrleştirme de uygulanabilir. Boyarmaddenin cinsi, boyamanın derinliği ve boyama koşullarına göre durulama sayısı değişkenlik göstermektedir. Yıkama işlemi, yaş haslıklar üzerinde çok etkili olduğu için çok dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yıkama şiddeti, substantiviteye göre ayarlanmaktadır. Çektirme yönteminde yüksek substantiviteli boyarmaddeler kullanıldığından hidrolize uğrayan boyarmaddeleri uzaklaştırmak oldukça zordur.

Zaman, sıcaklık, banyo değişim sayısı gibi parametreler yıkama işleminin sonucunu etkilemektedir. Sabunlama yapılacak ise, 1-3 g/l yıkama maddesi içeren flotteyle 80-90ºC'de, 15-30 dakika işlem yapılır.

Fiksatör kullanımı ile hidrolize uğramış boyarmaddelerin bir kısmı ürüne fikse edilerek renkte koyulaşma elde edilebilmektedir. Fiksatörler yıkama sayısını azaltarak su tüketimi ve atık su miktarını da düşürmektedir (Amin ve Blackburn, 2015).

Konvansiyonel yıkama rejiminden farklı olarak, durulamanın etkinliğine yüksek sıcaklıkların etkisi vardır.90-95ºC' de yapılan durulama denemeleri, yüksek sıcaklıklardaki durulamaların daha etkili ve hızlı olduğu göstermiştir.95ºC'de yapılan 10 dakikalık bir durulamada 75ºC'de yapılana nazaran yaklaşık %30 daha fazla miktarda fikse olmamış reaktif boyarmadde uzaklaştırılabilmektedir. Birçok boyahane reaktif boyama sonrası kaynar durulama (95ºC) yapmakta ve durulamalarda yıkama maddesi kullanmaktan kaçınmaktadır. Ürün kalitesi olumsuz etkilenmemektedir. Aksine sıcak durulama sonrası ürünün haslık değerleri, ilk nötralizasyon durulamasından sonra, yıkama maddesi ve iyon tutucu ile yapılan klasik durulamalar sonrasına göre daha iyi olmaktadır.

Büyük miktarlarda sıcak işlem suyunun kullanıldığı durumlarda enerji geri kazanılmalıdır. Enerji geri kazanımı, ya çıkan sıcak atık suyla giren soğuk temiz su arasında ısı değişimi yoluyla ya da sıcak atık suyu geri kazanıp da; hem enerjiyi, hem de suyu tekrar kullanarak sağlanabilmektedir.

2.5. Reaktif Boyamada Su Tüketimi

İnsanlar yakın bir zamana kadar doğadaki temiz suyun sonsuz bir kaynak olduğunu zannettiği için, suyu para ödemeden ya da çok az bir ücret ödeyerek, diledikleri gibi kullanmıştır. Günümüzde ise, suyun nasıl daha tasarruflu kullanılabileceği üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Tekstil, sanayi kolları içerisinde en fazla su tüketimi gerçekleştirilen alanlardan birisidir. Dünya'da tekstil endüstrisinde 4 trilyon litre/gün veya birkaç milyon litre/dakika atık su bırakıldığı düşünülmektedir. Dünya genelinde tekstil sanayi olan her yerde su ve atıksu problemleri yaşanmaktadır.

Türkiye'deki tekstil kuruluşlarında, 1 ton tekstil kumaşının boyanması sürecinde 20-230 m^3 arasında su tüketimi olmaktadır (Orhon ve diğ., 2003; Can, 2014). Bu şekilde devam edildiği takdirde, yakın gelecekte ülkemizde de tekstil sanayisi kaynaklı su tüketiminin problem oluşturacağı beklenmektedir.

Tekstil kaynaklı atık sularına yönelik Avrupa'da ve Kuzey Amerika'nın büyük bir kısmında oldukça sıkı devlet kuralları vardır. Bazı Asya, Latin Amerika ve Afrika ülkelerinde ise, efektif üretim için gereken daha yüksek temizlikte ve kalitede su temin edilmesi üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Su kullanımında daha kontrollü, ekolojik ve sürdürülebilir olmak her iki problem için de tek çözüm yoludur.

Üretim süreçlerinin her geçen gün büyüyen hacimleri, daha yüksek kalitede su gereksinimleri, tekstil sanayii için suyun temin edilmesi, kalitesi, temizliği, maliyeti ve atıkların çevreye uyumlu şekilde yok edilebilmeleri problemlerinin günümüzde olduğu gibi gelecekte de önemli bir sorun olacağı ön görülmektedir (Can, 2014).

Reaktif boyamalarda su tüketimi ve oluşan atıklar, tekstil uygulamalarında görülen ve istenmeyen iki temel sorundur. Boyamada kullanılan suyun miktarı üç açıdan önemlidir; suyun kendi maliyeti, su miktarının artmasıyla gereken enerji miktarının da artması ve oluşan atık suyun miktarı. Kullanılan su miktarının artması, oluşacak atık suyun artması anlamına gelmektedir ve atık suyun maliyetinin de düşünülmesi gerekmektedir.
Su gereksinimini etkileyen ana değişken flotte oranıdır. Çektirme yönteminde, düzgün boyama eldesi için yüksek flotte oranlarında boyama yapıldığından çok yüksek miktarda su kullanımı görülmektedir (Farrell, 2012, Usta ve Özcan 2021).

Reaktif boyarmaddelerle boyama sonrası yüksek renk haslığının elde edilebilmesi için çeşitli yıkama işlemleri gerekmektedir. Boyarmaddenin durumuna göre yedi defadan fazla durulama işlemi yapılabilmektedir. Yıkama sürecinde çok büyük miktarlarda su

kullanılmaktadır. Yıkama suyunun istenen sıcaklığa getirilmesinde ise enerji gereksinimi olmaktadır. Soğuk yıkama 25-60 ºC, sıcak yıkama için ise 80-95º C sıcaklıktaki su ile yapılmaktadır. Yıkama ve sonrasında atık su temizleme işlemlerinde tüm boyama sürecinin yaklaşık %50'si kadar maliyet olmaktadır (Farrell, 2012, Usta ve Özcan 2021).

Reaktif boyamada kullanılan su temiz olmalıdır. Boyanan ürünlerde sorun oluşmaması için kullanılan suyun renginde bulanıklık olmamalı, suyun içerisinde metaller gibi kirleticiler bulunmaması gerekmektedir. Boyama sonrası ürünün rengi üzerinde hayati etkisi olduğu için, boyama sürecindeki suyun özellikleri ve kalitesi, özellikle boya ve terbiye adımları açısından büyük önem taşımaktadır.

Reaktif boyama sonrası atık sular, yüksek oranlarda inorganik ve organik kirleticiler içermektedir. Boyarmaddelerin suda yaşayan organizmalarda birikmesiyle, zehirli ve kanserojen ürünlerin meydana gelme riski ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede, reaktif boyarmadde içeren atık sularının renk giderim süreçleri çevre açısından oldukça önemlidir (Kocaer ve Alkan, 2002).

Boyama sonrasında atık sular boşaltılmadan önce arıtma uygulayabilmek için bu atıkların pH seviyesinin düzenlenmesi gerekmektedir. Boşaltmadan önce gerekli pH seviyesini ayarlayabilmek için asit ve bazlar kullanılmaktadır. Atık suların arıtılmasında yararlanılan kimyasal ve biyolojik arıtma sistemleri, uygun seviyedeki çıkış konsantrasyonlarını sağlamak için Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) vb. parametmetrelerin seviyeleri baz alınarak tasarlanmalıdır.

Boyama sürecinde su kullanımının azaltılmasından ya da suyun geri dönüşümünün arttırılmasından sağlanacak iki temel fayda su tüketiminin ve deşarj edilen maddelerin azaltılmasıdır. Su kullanımının ayrıntılı olarak değerlendirilmesi ve ona göre adımlar atılmasıyla, bir işletmenin su tüketimi azaltılabilir. Bunun yapılabilmesi için işletmede uygulanan tüm işlemlerde başından sonuna kadar, hangi adımlarda ne kadar su kullanıldığının ortaya konması gerekmektedir. Sonrasında da kullanılan suyun kalitesinden ödün vermeksizin tüketimin azaltılmasına yönelik opsiyonlar tanımlanmalıdır. Bunu gerçekleştirmenin yolu ise, suyun tekrar kullanılmasını mümkün kılacak geri dönüşüm teknolojilerinin kullanımı ile olacaktır (Kocaer ve Alkan, 2002).

Reaktif boyarmaddelerle pamuklu boyama sistemleri için atık su kalitesinin arttırılması için çeşitli araştımalar yapılmıştır. Literatürde bu gelişmeler aşağıda verilen beş temel alan altında incelenmektedir: (Farrell, 2012, Usta ve Özcan 2021).

- Reaktif boyarmaddelerin gelişimi
- Boya makineleri ve işlemlerinde gelişmeler
- Pamuk lifinin boyama öncesi kimyasal modifikasyonu
- Boya banyosu formülasyonunda biyobozunur organik bileşiklerin kullanımı
- Atık su arıtma işlemleri

Göl ve nehirlerden sağlanan sular, daha yumuşaktır. Ayrıca bu sular kirletici, magnezyum ve kalsiyum gibi sertlik maddeleri daha az içermekle birlikte, tarin gibi organik maddeler içerebilirler. Bu organik maddeler düzgünsüz boyamaya neden olabilir. Kuyulardan sağlanan suların ise sertlik dereceleri, diğer kaynaklardan gelen sulara göre daha yüksektir. Kuyu sularında bulunan metal iyonları, bazı boyarmaddeler ile birleştiğinde renk sapmalarına sebep olabilmektedir.

Sudaki sertlikler nedeniyle makinalarda oluşan tortular, kumaşlarda leke oluşturabilir. Su sertlikleri selüloz lifin hazırlanması işleminde sabunlarda çökmeye ve yağ asitlerinde de sabunlaşmaya neden olabilmektedir. Ayrıca, sudaki sertlik reaktif boyarmaddelerin yıkanmasında zorluklara neden olmaktadır. Reaktif boyarmaddeler, suyun içerisindeki klordan zarar görmektedir. Suyun içerisindeki partikül şeklindeki maddeler bazı boyama sistemlerinde veya kumaşta lekeler bırakmaktadırlar.

Reaktif boyarmaddeler ile yapılan boyama işlemleri, nispeten kısa sürelerde tamamlanabilmesine rağmen, son yıkama işlemleri uzun sürelerde gerçekleşmektedir. Son yıkama işlemlerinin özenli ve dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmesi, yaş haslık özellikleri açısından oldukça önemlidir. Bunun sebebi, reaktif boyarmaddelerin su ile reaksiyona girmeleridir.

Suyla reaksiyona giren boya, tıpkı substantif boyarmaddeler gibi, zayıf bağlarla life bağlanmaktadır. Bu durum, yıkamada yaş haslık özelliklerini düşürmektedir. Böylece, boyama sonrasındaki yıkama adımları soğuk durulama, sıcak durulama, iki kez kaynar sabunlama, sıcak ve soğuk durulama gibi uzun işlem adımlarına ihtiyaç duymaktadır.

Bu işlem adımlarının uygulandığı bir yıkama işlemiyse masraflı olmasının yanında uzun zaman gerektirmektedir ve atık su açısından uğraştırıcı olmaktadır (Çoban, 1999).
Reaktif boyamadaki ikinci temel problem atık sudaki zararlı maddelerdir. Atık su sorunu üzerine iki yaklaşım vardır: (Farrell, 2012, Usta ve Özcan 2021).

• Alternatif boyama teknikleri ve teknolojisi,
• Boyamadan sonra atık su arıtımı.

Atık su arıtması, ek sermaye yatırımı ve yüksek arıtma ve bakım maliyetleri gerektirmektedir. Bu nedenle, ilk yaklaşım genellikle tercih edilmektedir (Khatri, 2014).

2.6. Reaktif Boyamada Yardımcı Kimyasal Madde Tüketimi

Tekstil Sanayii, yüksek miktarlarda su tüketimine ek olarak yüksek kimyasal madde (yardımcı kimyasal, boya vb.) tüketimi ile de gündemdedir. Ön terbiye, boyama ve diğer işlem adımlarından doğan yüksek kimyasal yük, tekstil fabrikalarındaki süreçlere göre değişkenlikler göstermektedir. Kullanılan toplam kimyasal miktarı, üretilen ürünün ağırlığının %10'u ile %100'ü arasında değişmektedir (Öztürk ve diğ., 2010).

Kimyasal madde tüketimini flotte oranı etkilemektedir. Flotte oranının artmasıyla kimyasal madde tüketimi artmaktadır. Bu sebeple emdirme yöntemlerinde daha az miktarda kimyasal madde tüketimi görülmektedir. Çektirme yöntemlerinde kullanılan makineler farklı flotte oranlarında çalısmaktadır. Jiggerler düsük flotte oranlarına sahip olduğundan kimyasal madde tüketimleri düsüktür. Haspeller yüksek flotte oranlarında çalışmaktadır ve bu yüzden de kimyasal madde tüketimleri daha fazla olmaktadır.

Günümüzde gelişen teknolojinin etkisiyle daha düşük flotte oranlarında verimli boyamanın gerçekleştirilebileceği HT jet boyama makineleri geliştirilmiştir. Reaktif boyamalarda yüksek miktarlarda tuz kullanılır. Boya banyosunda tuz ilave edilmesi, kullanılan boyarmaddenin liflere olan substantifliği ve liflerin kumaş içine difüzyon yeteneğine göre değişmektedir.

Çektirme yöntemine göre gerçekleştirilen boyamada, reaktif boyarmaddelerin substantiflikleri çoğunlukla düşük olduğundan flotteye fazla miktarda tuz eklenmesi gerekmektedir. Boyamadan sonra tuzlu su tekrar kullanılabilir, ancak kimyasal ihtiyaçları karşılayabilmek için tuz miktarının ölçülebilmesi gerekmektedir. Bu ve benzeri açıdan

bakıldığında, boyahanelerin çoğunun suyun tekrar kullanabilmesi ile uğraşmadıkları görülmektedir. Bu durumda taze suyun bulunabilmesi ve maliyeti, suyun tekrar kullanılabilmesi için gereken işlemlerin karışıklığı ve bunun da bir maliyet gereksinimi olmasından dolayı, atık suyun tekrar kullanılabilir hale getirilmesini işletmeler için mantıklı kılmayabilir. Ancak, özellikle su sıkıntılarının yaşandığı ve suyun pahalı olduğu ülkelerde, suyun tekrar kullanılabilir duruma getirilmesi yatırım ve işlem maliyetlerine ve meydana gelecek diğer problemlere karşın mantıklı olabilmektedir. Bu durum, dünya nüfusunun artması ve taze su kaynaklarının tükenmeye devam etmesi ile, gelecekte daha yaygın hale gelecektir (Lawrence, 2017).

2.7.Reaktif Boyamada Enerji Tüketimi

Sürdürülebilir boyama bakış açısına göre, tekstilde boyamada en büyük iki problem su tüketimi ve enerjidir. Tekstil endüstrisinde enerji tüketimi ve dolayısıyla da enerji maliyeti sürekli artmakta ve toplam işletme maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Terbiye işlemlerinde yüksek miktarlarda enerji kullanıldığından bu işlemlerin maliyetleri de oldukça yüksektir. Enerji maliyetleri, özellikle pamuklu ürünlerin yaş terbiye işlemlerinde %30-35'lik bir paya sahiptir. Bu enerjinin %20'si boyama işlemlerinde harcanmaktadır (Kanık, 1988).

Yıkama ve sonrasında atık su işlemlerinde tüm boyama sürecinin neredeyse %50'si kadar enerji tüketimi olmaktadır. Bir başka ifade ile, çeşitli yaş işlem operasyonları arasında, toplam giderlerin %50'den fazlası enerji tüketimi içindir. Bu nedenle, boyama sırasında enerji tüketimini azaltmak için çeşitli teknikler tasarlamak esastır.

Boyama sırasında ve yapılan ard işlemlerde sıcaklığın düşürülmesi, enerji gereksinimlerini büyük ölçüde azaltan bir özelliktir.

Enerji tüketiminin bu kadar yüksek olması, boyamada yapılacak tasarrufların ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Boyamada enerji, en çok ısıtma ve soğutma işlemleri esnasında gerekmektedir. Flotte oranı ile enerji tüketimi arasında sayısal bağıntılar ortaya koyan çalışmalar mevcuttur.

Flotte oranının artması kullanılan su miktarını arttırmakta, böylece enerji tüketim miktarını arttırmaktadır. Bununla birlikte, boyama sıcaklığı ve kurutma süresi, ara kurutmanın olup olmaması da enerji tüketimini etkileyen parametrelerdendir.

2.8. Ekolojik Reaktif Boyamanın Çevreye Etkileri

Tekstil endüstrisinde 10.000'den fazla farklı boya ve pigmentin endüstriyel olarak kullanıldığı ve yılda 0,7 milyon tonun üzerinde sentetik boyanın üretildiği tahmin edilmektedir.

Boyama ve terbiye işlemleri sırasında her yıl 200.000 ton kadar boya atık şeklinde kaybedilmektedir (Ogugbue ve Sawidis, 2011). Maalesef, bu boyarmaddelerin çoğu, geleneksel atık su arıtma işlemleri ile giderilememekte ve ışık, sıcaklık, su, deterjanlar, kimyasallar, sabun gibi diğer parametrelere karşı yüksek stabiliteleri nedeniyle çevrede kalmaktadır. Ek olarak, biyolojik bozulmaya karşı dirençli anti-mikrobiyal maddeler, tekstil üretiminde, özellikle pamuk gibi doğal liflerde sıklıkla kullanılmaktadır (Couto, 2009; Chequer, 2013).

Tekstil endüstrisinde, ağırlıklı olarak boyama ve terbiye işlemlerinde kullanılan üretim işlemlerinde önemli miktarda su tüketilmektedir. Tekstil tesislerinden kaynaklanan atık sular, atık su bileşiminin yanı sıra üretilen hacim dikkate alındığında, tüm sanayi sektörleri arasında en fazla kirletici olanıdır (Chequer, 2013).

Tekstil ürünlerine olan talebin artması ve üretimindeki orantılı artış ile reaktif boyarmaddelerin yaygın olarak kullanılması, boyahane atık suyunun, kirlilik sorunlarının önemli kaynaklarından biri haline gelmesine katkıda bulunmuştur (Ogugbue ve Sawidis, 2011).Tekstil atık suları, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI), pH, renk ve tuzluluk gibi birçok parametrede aşırı dalgalanmalar ile karakterize edilir. Atık suyun bileşimi, kuru ve ıslak işleme adımlarında kullanılan farklı organik bazlı bileşiklere, kimyasallara ve boyarmaddelere bağlı olacaktır. Yapısı bozulmayan bileşenler, toksik, yüzeyaktif maddeler (kayganlaştırıcı madde), klorlu bileşikler ve tuzlar tekstil atıklarındaki ana kirleticilerdir (Ben Mansour ve diğ., 2012).

Tekstil endüstrilerinin atık su arıtma tesislerinin karşılaştığı en zor görevlerden biri, esas olarak boyarmaddeler ve pigmentlerin, uzun süre çevrede kalacakları şekilde, biyolojik bozulmaya dayanacak şekilde tasarlanmaları nedeniyle, bu bileşiklerin renginin giderilememesidir. Örnek verilecek olursa Reactive Blue 19 boyasının yarı ömrü 25 °C sıcaklık ve pH 7 koşullarında yaklaşık olarak 46 yıldır (Hao ve diğ., 2000).

2.9. Sürdürülebilir Reaktif Boyama

Çevresel sürdürülebilirlik, çeşitlilik ve üretkenliğin devamlılığının sağlanırken daimi olma; doğal kaynakların doğru tüketimi ile çevreci yaklaşım sergileme anlamlarına gelmektedir.
Sürdürülebilir kalkınma ise gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme imkanlarını tehlikeye sokmaksızın, bugünkü neslin ihtiyaçlarının karşılanmasıdır.

Dünya Çevre Komisyonu'nun raporuna göre sürdürülebilir kalkınma 'kaynak tüketiminin, teknolojik gelişmelerin, yatırım kararlarının ve kurumsal değişimlerin uyum içerisinde gerçekleştiği; insan ihtiyaçlarının ve isteklerinin şimdi ve gelecekte karşılanabilme potansiyelinin arttırıldığı değişim süreci' olarak tanımlanmıştır. Sürdürülebilirliğin bağımsız değişkenleri hammaddeler, enerji, su ve emisyonlar yani atık maddelerdir (Lawrence, 2017).

Yeni yöntemler, yeni boyarmadde ve kimyasal ürün grupları, teknolojik cihazlar ile geliştirilerek sürdürülebilir ve tamamen doğa dostu bir boyama hedeflenmektedir.
Bu anlamda da reaktif boyamada sürdürülebilirlik kazancı elde etmek; yıkama prosedürünün azaltılması, enerji tüketimini azaltılması, işlem sürelerinin kısaltılması, maliyetlerin düşürülmesi, boyama verimliliğinin arttırılması, sınırlı kaynakların tüketiminin azaltılması demektir (Lawrence, 2017).

Bu teknolojilere bir yeni örnek de nanobubble teknolojisidir. İlaç sanayi, ziraat gibi bir çok alanda yaygın olan nanobubble teknolojisinin kullanımı, tekstil endüstrisinde de kendini göstermeye başlamıştır.

Sıvı içerisindeki 1 mikrondan daha küçük çaplara sahip gaz kabarcıkları mikrokabarcık (microbubble) ya da nanokabarcık (nanobubble) olarak adlandırılmaktadır. Gösterdiği etki boyutlarına göre değişmekte olduğundan kabarcık çapı oldukça önemlidir. Buna göre mikrokabarcık 10-100 μm, nanokabarcık ise 1 μm'dan daha küçük boyutlarda mikrokabarcıklar, suyun içerisinde boyutsal olarak kademeli olarak küçülürler. Daha sonra uzun hareketsizlik ve suyun içerisine içsel gazların çözünmesi ile bu mikrokabarcıklar yok olurlar. Nanokabarcıklar ise bu haliyle aylarca durabilirler ve aniden patlamazlar. Nanokabarcıkların ara yüzeyinde buz ve gaz hidratlarındakine benzer güçlü hidrojen bağlarının bulunduğu ortaya konmuştur. Bu durum nanokabarcıkların azalmış difüziviteye sahip olmasına neden olur. Böylelikle nanokabarcıklar yüksek iç basınca karşı yeterli kinetik dengeyi sağlayabilirler (Agarwal ve diğ., 2011).

Nano kabarcıkların dispersiyonu, uygun enerjiler nedeniyle kirletici maddeleri çekebilen ve böylece yüzeylere birikmesini önleyen yüksek ara yüzey gerilimli önemli bir yüzey alanı sunduğundan, temizleme uygulamaları için yığın nano kabarcıklar talep edilmektedir. Nano kabarcıkların membran ile kirlenmiş yüzeyleri etkili bir şekilde temizlediği bildirilmiştir. Aynı zamanda tekstillerin temizlenmesinde de kullanıldığı bildirilmiştir.

Mikro ya da nanokabarcıklar ile yapılan terbiye işlemlerinde özellikle yıkama prosesinde temas edilen tekstil yüzeyinin hasar görmeden ancak etkin bir şekilde yıkanması gerçekleşir. Dolayısıyla çok narin yüzeylerde bile yoğun ve yumuşak temizleme yapılabilir. Kumaşların boyama proseslerinde ise güçlü homojen bir dağılımın elde edilmesini sağlamaktadır (Jie ve diğ., 2016).

2.10. Literatür Çalışmaları

Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması konusunda yürütülen çalışmalardan bazıları aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Smith ve Thakore (1991), reaktif boyarmadde banyolarında ultrasonik enerji etkisini araştırmışlardır. Gerçekleştirilen deneylerle vinilsülfon yapıdaki bir reaktif boyarmaddenin ultrasonik enerjiye maruz bırakıldığında hidroliz olma koşulları araştırılmıştır. Çalışma neticesinde homojen durumlarda olumlu sonuçlar bulunmuş,

bununla birlikte ısı, kimyasal madde kullanımı ve süre ile ilgili ultrasonik sistemin geleneksel sistemlerden daha farklı olabileceği öne sürülmüştür.

Imada ve diğ. (1992), pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması konusunda bir takım optimizasyon çalışmaları yürütmüşlerdir. Çalışmalarında boyama süresi, boyama dengesi (birincil ve ikincil çekme), boyarmadde tipi ve eklenen yardımcı kimyasallar arasındaki ilişki incelenmiştir. Yardımcı madde ilavesi ve pH kontrolüyle her reaktif boyarmadde için optimum fikse ve çekim gerçekleştiğini göstermişlerdir, uyguladıkları yöntem ile kısa boyama süresi, yüksek renk tekrarlanabilirliği gibi avantajlar kazanıldığını öne sürmüşlerdir.

Keqiang ve diğ. (1994) ise çalışmalarında pamuğun reaktif boyarmaddelerle boyanması sırasında kullanılan çözeltilerin, boyama işleminden sonra ozonlanarak tekrar kullanılmasını incelemiştir. Çalışma kapsamında 3 temel renk ve bunların kombinasyonuyla boyamalar gerçekleştirilmiş boyama sonrasında meydana gelen atık flotteler karıştırılıp filtrelenmiştir. Sonrasında atık flotte içerisindeki boyarmaddeler ozonla çöktürülmüştür. Elde edilen ozonlanmış flottenin %90'ı alınıp , %10 temiz su ile karıştırılmış, yardımcı kimyasal olarak sadece %10 tuz ilave edilmiştir. Bu elde edilen banyo yeniden boyama işleminde kullanmış ve bu işlemler 5 kez ardı ardına tekrarlanmıştır. Araştırmacılar, deney kapsamında gerçekleştirdikleri çalışmalarda mükemmel renk tekrarlanabilirliği ve birbirlerine oldukça yakın renk verimi değerleri elde etmişlerdir.

Isıyel (1997), örgü pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddeler ile çektirme metoduna göre boyanması işleminde tuz ve alkali kullanımları ve sıcaklığın elde edilecek renk verimine etkisini araştırmıştır. Çalışmasının sonucunda tuz ve soda derişimlerinin artmasının, boyarmadde kuvvetini arttırdığı neticesine ulaşılmıştır.

Sayal (1998), pamuğun reaktif boyarmaddelerle boyanması sonrası meydana gelen atık banyoyu tekrar kullanabilme konusunda 3 temel renk ve bunların kombinasyonuyla 4 boyama çözeltisi hazırlayıp denemeler yapmıştır. Sonrasında atık flottelerin hepsi karıştırılıp, Fe iyonu, H_2O_2 ve boyarmaddeleri flotteden uzaklaştırıp, pH'ı düşürmek için az miktarda asit dışında hiçbir kimyasal madde kullanmadan %100 yenilenen flotte ile denemeleri arka arkaya üç kez tekrarlamıştır. Deneysel sonuçlar renk

tekrarlanabilirliğinin koyu tonlarda iyi çıktığını ve uygulanan yöntemin kimyasal açıdan ve enerji tüketimi açısından uygun maliyetli olduğunu ortaya koymuştur.

Shamey ve Nobbs (1999), bobin formundaki pamuk ipliklerinin reaktif boyarmaddeler ile boyanması işlemi için bilgisayar kontrollü makine tasarlayarak boyama banyosu sıcaklığı, basıncı, flotte akış oranı ve yönü, pH ve çözeltideki boyarmadde derişimi gibi parametrelerin ekrandan takip edilerek kontrol edilebilmesini sağlamışlardır.

Yang ve Li (2000), pamuk ve poliester karışımlı kumaşların reaktif ve dispers boyarmaddelerle yüksek sıcaklıkta tek banyoda boyanması için bir alkali işlemi geliştirmişlerdir. Bu işlemin özünde alkali ortamda boyanabilirlik özelliğine sahip dispers boyarmadde ve yüksek sıcaklığa dayanabilecek reaktif boyarmadde seçimi vardır. Çalışma kapsamında yürütülen deneylerle boyamaya etki eden sıcaklık, boyama süresi, pH, baziklik, tuz, konsantrasyonlar ve boyarmadde yapıları gibi şartlar incelenmiştir. Sonuç olarak bu işlem ile zamandan kazanç, su ve enerji tüketimi azalması, arıtma işleminde kullanılacak kimyasallardan kazanç gibi olumlu etkiler elde edilmiştir.

Hauser (2000), 2,3-epoksipropil trimetil amonyum klorür bileşiği kullanarak pamuğun boyanmasında çevre kirliliği ve enerji tüketimini azaltan modifiye bir işlem geliştirdiği çalışmasında, pamukta kovalent bağ oluşturabilen katyonik alanlar oluşturmuştur. Çalışma neticesinde işlem süresi, renk haslıkları, gerekli enerji kullanımı ve atık yükü açısından karşılaştırmalar yapılmış ve olumlu neticeler elde edilmiştir.

Yumuşak (2001), %100 pamuklu kumaşlarda, 1 g/l, 5 g/l, 10 g/l, 20 g/l, 30 g/l ve 50 g/l konsantrasyonundaki Reactive Black 5 boyarmaddesi ile yapılan boyama işleminde tuz olarak bakır sülfat ya da nikel klorür kullanımının haslıklar üzerindeki etkisini incelemiştir. Yapılan boyamalar sonrasında numunelerin yıkama, sürtme ve ışık haslıkları incelenmiştir. Çalışma neticesinde nikel klorürün haslıklar üzerinde etkisi olmadığı, ancak bakır sülfatın ışık haslığı ve yıkama haslığını bir miktar arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Aniş ve Eren (2003) çalışmalarında, tek banyoda/adımda boyanmış pamuk-poliester karışımlarının renk haslık özelliklerinin geliştirilmesi adına altı farklı yıkama işlemi uygulamış ve elde edilen haslıkları değerlendirmiştir. Redüktif yıkama işleminin

çıkarıldığı boyama işlemlerinde, derin renklerde haslıkların yetersiz olduğu ve bu durumun oksidatif yıkama ile çözülebileceği önerilmiştir.

Aniş ve Eren (2004), pamuk-poliester karışımı kumaşların tek adımda alkali ortamdaki boyamalarında boyarmadde seçimini araştırmışlardır. Pamuğun boyanmasında reaktif boyarmadde olarak monoklorotriazin (MCT) esaslı boyarmaddelerin, yüksek sıcaklığa dayanıklı olması ve nötr ortamda boyayabilme özellikleri taşıması nedeni ile, tek adımda boyama işlemi için en uygun boyarmaddeler olduğunu söylemişlerdir.

Yurdakul ve diğ. (2003), %100 pamuklu örme ve dokuma kumaşları, farklı renklerdeki reaktif boyarmaddelerle %3 ve %6 konsantrasyonlarda boyamış ve 15 farklı yumuşatıcı kullanarak yumuşatıcıların haslık değerleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yapılan testler neticesinde, yumuşatıcı uygulanmamış numune ile her bir yumuşatıcı uygulanmış numune arasındaki yaş ve kuru sürtme haslığı, yıkama haslığı, ışık haslığı ve hidrofilite değerleri karşılaştırılmıştır. Yumuşatıcılı ve yumuşatıcısız örnekler arasındaki haslıkların delta E renk farklılıkları hesaplanmıştır. Sonuç olarak, kullanılan boyarmadde sınıfından bağımsız olarak tüm yumuşatıcı cinslerinde yıkama haslıklarında herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Kuru sürtme haslıklarında ise, tüm koyu renklerde yumuşatıcıların haslık sonucunu 0,5 puan düşürdüğü, sonucu elde edilmiştir.

Maeda ve diğ. (2004), pamuk-poliester karışımı kumaşları reaktif/dispers boyarmaddelerle tek adımda süperkritik karbondioksit ortamında boyamış ve klasik termofikse yöntemi ile sonuçları karşılaştırmıştır. Yüksek renk verimi ve yıkama haslıkları elde edilen çalışmada renk haslık özelliklerinin termofikse metoduna göre çok yüksek olabileceği vurgulanmıştır.

Ahmed (2005), pamuğu reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyamış, inorganik sodyum sülfat tuzunun yerine, organik olan sodyum edat tuzunu kullanmıştır. Çalışmada kumaşlar sodyum sülfat ve sodyum edat kullanılarak çeşitli parametrelere göre boyanmış, renk verimleri ve haslık özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, organik bir tuz olan sodyum edatın, kumaşın boyarmadde çekimi ve fiksajı üzerinde olumlu etkileri olduğu ortaya konulmuştur.

İçoğlu (2006) çalışmasında, vinilsülfon yapıdaki reaktif boyarmadde ile çeşitli gramaj, sıklık ve örgü yapısındaki 8 adet pamuklu dokuma kumaşı, üç farklı konsantrasyonda (20g/l, 60g/l, 120g/l) ve dört farklı yöntem kullanarak (pad-batch, pad-steam, pad-termozol, çektirme) boyamıştır. Çalışmada, kullanılan vinilsülfon yapıdaki reaktif boyarmaddeyle kullanılan boyama yönteminin haslık özellikleri ve renk derinlikleri açısından birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı yanları ortaya konulmuştur.

Keskin, R (2006), çalışmasında %100 pamuklu ve merserize olmuş dokuma kumaşlarla, 1:10 flottede, Red GWF, Blue RR ve Yellow 2GL Remazol marka reaktif boyarmaddeleri ile farklı konsantrasyonlarda 60°C'de çektirme yöntemi ile boyama yapmıştır. Yıkama prosesine ait kaynar sabunlama adımında ise 2 g/l yıkama maddesi ile 20 dakika yıkama işlemi uygulanmıştır. Yıkama haslıkları değerlendirildiğinde, boyarmadde yüzdesi artışına (%0,1-5) paralel olarak CO refakat bezleri için, ½'den 5/2 puana varan düşüş tespit edilmiştir.

Lewis (2008), pamuklu kumaş üzerinde çeşitli reaktif boyarmaddelerin nötr fiksasyonunun (pH:7) incelendiği çalışmasında, elektrolit konsantrasyonunun arttırılması, mümkün olan en düşük çözelti oranlarında çalışılması ve floro-triazin için 100 °C'de boyanmasıyla umut verici sonuçlar elde etmiştir.

Özgürel (2008), çalışmada dokuma havlu kumaşlara açık (%0,1), orta (%0,5) ve koyu (%2) tonlarda, 1:10 flotte oranında, çektirme yöntemi (all-in) ile reaktif boyama işlemi yapmıştır. Boyarmadde miktarına göre yapılan denemede, boyarmadde miktarı arttıkça yıkama haslığı ve yaş sürtme haslığı değerlerinde düşüş tespit etmiştir. Yumuşatıcı miktarındaki değişikliğin haslıklar üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı ve yumuşatıcı miktarının değişimine göre yapılan denemelerde, elde edilen test sonuçlarında yumuşatıcı miktarının değişiminden ziyade boyarmaddenin miktar değişimi sonuçlara yansımıştır. Yumuşatıcının miktarının yalnızca kumaşın tuşe özelliği ile ilgili olduğu saptanmıştır. Bunun yanında incelenen parametrelerin (alkali, sertlik, tuz) haslıklar üzerine doğrudan ya da dolaylı olası etkileri araştırılmış ancak belirgin bir etki görülmemiştir.

Sostar ve diğ. (2008), yardımcı kimyasal eklenmesinin reaktif boyamaya etkisini incelendiği çalışmasında bir tekstil fabrikasından alınan iki farklı boyama reçetesini incelemişlerdir. Çalışmanın amacı, mevcut reçetedeki tehlikeli kimyasalları çevre dostu ürünlerle değiştirmektir.

Ahmed ve El-Shishtawy (2010), tekstil liflerinin renklendirilmesinde yeni teknolojilerin kullanımı konusundaki çalışmalarında tekstil lifinin renklendirilmesindeki son gelişmelerin bir özetini sunmuşlardır. Yeni teknolojilere, özellikle nanoteknoloji, elektrokimya, süperkritik karbondioksit ortamında renklendirme, plazma, ultrasonik ve mikrodalga gibi fizikokimyasal yöntemlere ve bunların tekstil liflerinin renklendirilmesinde kullanımlarına önem verileceği vurgulanmıştır.

Pak (2011), pamuklu tekstil sanayi atık sularının, kasar, boyama ve yıkama proseslerininde arıtılarak tekrar kullanılabilirliğini denemiştir. Çalışmada aktif karbon, nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve ters osmoz arıtma metotlarını kullanarak, arıtılmış su numunelerini işletme suyu ile %100 , %75/25, %50/50 ve %25/25 oranlarında karışım halinde kullanmıştır. Kasar, boyama ve yıkama prosesleri için, konvansiyonel ve arıtılmış su kullanımı gerçekleşen metotlar için ayrı ayrı kalite testleri yapmıştır. Sonuç olarak aktif karbon ve nanofiltrasyon ile arıtılmış su kullanımının her bir proses için uygun olduğunu belirtmiştir.

Popescu ve diğ. (2011) çalışmalarında pamuk lifinin izotermal boyama şartlarında iki farklı reaktif boyarmadde ile farklı sıcaklıklarda boyanması sonrasında elde edilen çekim eğrilerini incelemiştir. Çalışmada boyama koşullarından elde edilen sonuçlar değişen ve değişmeyen parametreler olarak gruplandırılmıştır.

Bahtiyari ve diğ. (2012), deniz suyu tuzluluğundan esinlenerek pamuklu kumaşın terbiye işlemlerinde deniz suyunun kullanılabileceğini öne sürmüştür. Deniz suyunun sahip olduğu pH'ın hidrofilleştirme ve kasar işlemleri için uygun olduğunu belirtmişlerdir. Reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre yapılan boyama işlemlerinde afinite, boyama koyuluğu ve flotte oranına bağlı olarak yaklaşık 10-100 g/l tuz kullanılmıştır. Çalışma neticesinde deniz suyu tuzluluk derecesi ile boyamalarda tuz gereksiniminin büyük oranda azalacağının düşünüldüğü vurgulanmıştır.

Farrell'in (2012) çalışmasında 3-kloro-2-hidroksipropiltrimetilamonyum klorür (CHPTAC) kullanılarak pamuğun kalıcı bir pozitif yük ile katyonikleştirilmesi ve modifikasyonu anlatılmaktadır. Çalışmada CHPTAC düşük flotte oranlarında köpük formunda kumaşa başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Katyonikleştirilmiş pamuğun boyanabilirliğini reflektans veri değerleriyle ilişkilendiren modeller, katyonize kumaşın boyanabilirliğinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesine olanak tanımaktadır. Ek olarak, katyonizasyon miktarını tahmin etmek ve klasik boyalı pamuk liflerine göre katyonik pamuk liflerinde boyama reçete değişimlerini tahmin etmek için bir yöntem sunmaktadır.

Ushida ve diğ. (2012), nano-kabarcıklar olarak tahsis edilen suyu içeren suyun, nano-kabarcıklarla muamele edilmemiş kontrol suyuna kıyasla hidrofobik organikler ile kirlenmiş tekstil ürünleri için %5 daha yüksek bir yıkama oranı sergilediğini iddia etmiştir. İlave sürfaktanların bulunmaması, kimyasal artıklardan kaçınıldığı ve temizleme işleminin daha çevre dostu olduğu anlamına gelir.

Yi ve diğ. (2012) çalışmalarında, pamuklu kumaşlara CI Reactive Red 195 boyarmaddesinin adsorpsiyonunu incelemiştir. Noniyonik yüzey aktif madde olan Triton X-100'in, adsorpsiyon üzerine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada noniyonik yüzey aktif madde ile işlem görmüş pamuklu kumaşların adsorpsiyon özelliğinin daha güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Zaloğlu ve diğ.(2012), çalışmalarında reaktif baskı kalitesini artırmak, haslıkları iyileştirmek adına daha ekolojik bir yıkama rejimi sunmuştur. Ard yıkama banyolarına (2-3-4), dokuz dakikalık (4-4-1) ultrasonik yıkama adımlarını dahil ederek, dokuz banyolu konvansiyonel yıkama prosesini dört banyo azaltmıştır. Bu yenilik sabun kullanımını %25 azaltmış, ayrıca azalan banyo sayısı ve 95°C'den 60°C'ye düşürülen sabunlama adımı sıcaklığı ile su ve enerji tasarrufu sağlamıştır. İstenilen haslık değerleri elde edilmiştir.

Özdemir ve Tutak (2013) çalışmalarında, Denactive Red BRN boyarmaddesini kullanarak, %100 pamuklu kumaşı, 3 farklı boyarmadde konsantrasyonu ve 3 farklı tuz konsantrasyonunda boyamıştır. Boyama işleminde, UV-VIS ile renk ölçümleri yapılmış ve boyama grafikleri oluşturulmuştur. Kumaşlar için flotte oranı 1:20 (5 g kumaş için 100

mL boya banyosu) olarak alınarak %0,1, %0,5, %1 ve %2 olmak üzere 4 farklı boyama oranı test edilmiştir. Tüm boyarmadde miktarları hazırlanan %1'lik stok boyarmadde çözeltisinden alınmıştır. Tüm reaktif boyamalar için 50 g/l, 70 g/l ve 100 g/l sodyum sülfat (Na_2SO_4) ve 20 g/l soda kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre, tuz miktarının artırılması çekimi artırırken, boyama yüzdesine göre düşüş göstermiştir. Tuz konsantrasyonunun arttırılması boyarmadde alımı ve hızını arttırarak tüm boyama süresinin kısalmasına yol açmıştır.

Haggag ve diğ. (2014), mikrodalga ışınlama tekniği ile reaktif boyarmaddeler kullanarak boyama üzerine çalışmıştır. Boyarmadde, alkali ve tuz konsantrasyonu, kullanılan mikrodalga gücü ve çözelti oranı gibi farklı parametreler incelenmiş ve sonuçlar klasik yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Agrawal (2015), pamuklu kumaşın reaktif boyarmaddelerle boyanmasında sürdürülebilirlik ve enerji verimliliğini incelemiştir. Çalışmada, enerji verimliliğinin sağlanması için boyama esnasında sıcaklığın düşürülmesi gerektiği fikri incelenmiştir. Bu kapsamda, düşük sıcaklıklarda bis-monoklor-s-triazin reaktif boyarmaddelerin uygulanabilmesi için uygun koşulların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Boyama işlemleri, bir alkali kimyasal madde ve trietanolamin varlığında gerçekleştirilmiştir. Klasik boyama işlemi ve trietanolamin varlığında yapılan boyama işleminde alkali olarak sodyum karbonat kullanılmıştır. Boyalı numunelerin renk verimleri spektrofotometrede ölçülmüş ve klasik yöntemle boyanmış numunelerinkiyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, boyama performansının alkali kullanımı ile arttığı belirtilmiştir.

Fang ve diğ. (2015) çalışmasında, pamuklu kumaş ekolojik katyonik bir polimer ile kimyasal olarak değiştirilmiştir. Katyonik polimer bu çalışma kapsamında geliştirilmiş olan üç aşamalı bir polikondensasyon metodu kullanılarak sentezlenmiştir. İşlem görmüş kumaşın tuzsuz boyama neticesinde gösterdiği renk haslığı ve yırtılma mukavemeti özelliklerinin, işlem görmemiş kumaşa göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen kumaşın reaktif boyarmaddeler ile boyanması sonucu çevreye daha az miktarda atık su atıldığı belirtilmiştir.

Amin ve Blackburn (2015), ard yıkama işlemlerinde boya transferini önleyici bir inhibitörün etkisini inceledikleri çalışmalarında, DTI'ların pamuk üzerinde kalan hidrolize reaktif boyarmaddelerin yıkanmasında kullanılması sonucu; çalışma süresini, su tüketimini ve enerji tüketimini önemli ölçüde azalttığını ve daha verimli, ekonomik ve sürdürülebilir bir işlem geliştirilmesini sağladığını belirtmişlerdir. Çalışmaya göre, DTI' lar gelişmiş yıkama prosedüründe kullanıldığında, anyonik boyarmadde molekülleri ile bir kompleksin oluşumu yoluyla nispeten yüksek seviyelerde hidroliz olmuş boyarmaddenin uzaklaştırılmasını mümkün kılmaktadır. Çalışma neticesinde hidroliz olmuş boyarmaddenin uzaklaştırılmasında en etkili olan DTI'ın polivinilpiridin-N-oksit polimerleri olduğu sonucu elde edilmiştir. Bunun dışında, polivinilpirolidon ve polivinilpiridbetain polimerlerinin de hidrolize boyarmaddenin uzaklaştırılmasında oldukça etkili olduğu belirtilmiştir.

Rathinamoorthy ve diğ. (2016), yıkamada kullanılan DTI' miktarlarının optimizasyonu konusunda çalışmışlardır. DTI polimeri olarak polivinil pirolidon kullanmışlar ve pamuklu kumaşın reaktif boyarmaddelerle boyanmasından sonra yıkanmasını standart bir deterjan ile kıyaslamışlardır. Sonuç olarak DTI polimeri ile daha iyi sonuç elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Islam (2016), çalışmasında pamuklu kumaşın reaktif boyarmaddelerle boyanması esnasında çevreye atılan kirliliğin azaltılması için zararlı yardımcı kimyasallar yerine, düşük konsantrasyonda etanol kullanmıştır. Çalışmada haslık özellikleri ve boyama dereceleri de kontrol edilmiştir. Reaktif boyama reçetesine etanol ilave edildiğinde yıkamada renk haslığı ve sürtme haslığı özelliklerinin değişmediği görülmüştür. Sonuç olarak zararlı yardımcı kimyasal maddeler yerine etanol kullanımı ile çevre dostu bir boyama işlemi önerilmiştir.

Özdemir ve Tutak (2016), bifonksiyonel olup, yapısında monoklortriazin ve vinilsülfon reaktif grup bulunan reaktif boyarmadde olan C.I. Reaktif Kırmızı 194 ile farklı boyama şartlarında pamuk numunelere reaktif boyama işlemi yapmıştır. Çektirme yönteminde en iyi boyama sıcaklığı 50°C olarak ortaya çıkmıştır. Artan tuz ve soda oranları tüm boyarmadde yüzdeleri (%1-2-3) için maksimum çekimi artırmıştır. En iyi fiksaj ve haslık seviyeleri; %1'lik boyama için 20 g/l soda ile 100 g/l tuz, %2'lik boyama için 50 g/l soda

ile 40 g/l tuz, %3'lük boyama için 50 g/l soda ile 70 g/l tuz oranlarında elde edilmiştir. Yıkama ve sürtme haslıkları her bir boyama konsantrasyonuna göre değerlendirildiğinde iyi seviyede haslıklara sahip oldukları görülmüştür. Boyarmadde yüzdesi artışı ile genellikle haslık seviyelerinde yarım puanlık düşüş olduğu saptanmıştır. Bu durumun ise lif tarafından alınan boyarmadde molekülü miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir.

Lawrence (2017), Avrupa Birliği projesi kapsamında gerçekleştirdiği çalışmasında, sürdürülebilir kimyanın günümüzde bir zorunluluk olduğunu vurgulamış; hammadde, enerji, su ve atıklar konusunda yeni ve özgün çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Siddiqua ve diğ. (2017), iki fonksiyonel grup içeren bir reaktif boyarmadde sentezleyerek, selülozik esaslı kumaşları boyamışlardır. Sentezlenen boyarmadde, vinilsülfon ve monoklortriazin fonksiyonel gruplarını içermektedir. Çalışma kapsamında boyama sıcaklığı, tuz konsantrasyonu ve alkali gibi çektirme yöntemi için önemli olan parametreler optimize edilmiş ve etkileşimleri incelenmiştir. Sonuçlar, 61,5ºC'nin boyarmaddenin pamuklu kumaş üzerine maksimum çektirme ve fiksasyonu için uygun olduğunu göstermiştir. Deneysel çalışmalar optimum tuz (30.01 g/l) ve alkali (22.32 g/l) konsantrasyonda, deneysel olarak %84,98 (±3) çektirme ve selüloz kumaş üzerinde %79.00 (±3) fiksasyon ile sonuçlanmıştır. Pamuklu kumaşa uygulanan bu yeni reaktif boyarmaddenin haslık özelliklerinin çok iyi olduğu da vurgulanmıştır. Sonuçların ticari reaktif boyarmadde ile karşılaştırılması, elde edilen sonuçların ticari boyama için uygun olduğunu göstermiştir.

Lopez ve diğ. (2018), çok bileşenli bir yıkama modeli ortamında hidrofobik bir boyarmaddenin desorpsiyon ve çekim kinetiğini incelemek için analitik bir yaklaşım sunmuşlardır. Bir naylon kumaş (beyaz poliamid), deterjan miselleri ve bir poliester refakat (kırmızı poliester) arasındaki boyarmadde transfer işlemi, kolorimetrik analiz kombinasyonu ile belirlenmiştir. Çalışmada sunulan metodoloji, hidrofobik moleküllerin amfipillerle çözülmesi ve katı malzemeler üzerinde boyarmadde adsorpsiyonu arasındaki rekabete ilişkin bir görüş içermektedir ve bu yüzden boyarmadde transferi inhibisyonunun yeni yaklaşımlarının tasarlanması için önemlidir.

Wang ve diğ. (2018) çalışmalarında, susuz siloksanlı bir boyama sisteminde pamuklu tekstil ürünlerinin reaktif boyarmaddelerle boyanmasını araştırmışlardır. Klasik yani su kullanılarak yapılan boyama ile karşılaştırıldığında, reaktif boyarmaddelerin tamamı, susuz boyama sistemlerinde herhangi bir tuz kullanılmadan pamuklu kumaşlar tarafından adsorbe edilebilmiş ve boyarmadde fiksasyonu da daha yüksek olarak tespit edilmiştir (susuz boyama için %80-90; klasik boyama için %40-%50). Susuz boyama sistemlerinde, reaktif boyarmaddelerin adsorpsiyon dengesine hızlıca ulaşılabilmiştir. Özellikle siloksanlı susuz boyama sisteminde, reaktif boyarmaddenin adsorpsiyon denge süresi 25°C'de sadece 5-10 dakika iken, su kullanılan boyama sisteminde 60 °C'de daha fazla zamana ihtiyaç duyulmuştur.

Hu ve diğ. (2018), yıkama aşamasındaki tatlı su tüketimini en aza indirmek için atıkların geri dönüşümü üzerine yenilikçi bir alternatif ele almışlardır. Bu amaçla, geri dönüşüm için durulama atıklarının giderilmesi için oldukça etkili bir katalizör ile katalitik ozonlama uygulanmıştır. Karbon aerojel (CA) içeren bimetalik hibrit malzeme (Ag-Fe_2O_3@CA) imal edilmiş ve ozonlama işlemleri ile durulama atıklarındaki kalıntı boyarmaddelerin parçalanmasında katalizör olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, Ag-Fe_2O_3@CA'nın katılımının kimyasal oksidasyon gereksinimini %30 oranında çarpıcı bir şekilde arttırdığını göstermektedir.

Xia ve diğ. (2018), pamuklu kumaşın reaktif boyarmadde ile boyanmasında su ve tuz tüketimini azaltmak için etanol kullanmıştır. Pamuklu kumaş, önce alkali çözelti ile ön işleme tabi tutulmuş, ardından 6 farklı reaktif boyarmadde ile 90:10 (v/v) etanol-su karışımında boyanmıştır. Elektron mikroskobu gibi çeşitli yöntemler kullanılarak, etanolün reaktif boyarmaddelerin partikül boyutuna etkisi ve zeta potansiyeli etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Klasik yöntemlerle kıyaslandığında, tuz kullanılmadan etanol-su karışımında farklı reaktif boyarmaddelerle boyamam pamuk ipliklerinin çekim, fiksaj, renk parlaklığı özelliklerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Kır ve Benli (2018), formaladehit içermeyen fiksatör ile reaktif boyama sonrası hidroliz olan boyanın ve fikse olmamış boyanın kumaş yüzeyine etkilerini elimine etmek amacıyla, mono-bi-trifonksiyonel boyarmaddeler ile yapılan reaktif boyama işlemi sonrası ard işlemlerde kulllanılan ekolojik katyonik fiksatör maddesi etkisiyle anyonik

olan boyanın selülozik lifler üzerine fikselenmesi sağlayarak tekstil sektörüne çevreci bir bakış açısı kazandırmıştır. Yapılan aplikasyonlarda elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde; fiksatör maddesi kullanımı ile yıkama ve sürtme vb. haslık özellikleri daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Khan ve Jintun (2021), denim yıkama işlemine yeni ve sürdürülebilir bir bakış açısı kazandırmak için farklı teknolojilerden yararlanarak su, kimyasal ve enerji kullanımını minimize etmeyi amaçlamışlardır. Bu yeni tekniklerden bir tanesi de Nanobubble e-Flow teknolojisidir. Nanobubble, atmosferik havanın elektro-akış reaktörüne enjeksiyonunun ve ardından ıslak hava akışının elektromekanik bir şoka maruz bırakılması metoduyla oluşmaktadır. E-flow teknolojisiyle farklı kimyasalların giysilere nüfus etmesi, nanobubble ile liflere ulaşmasının sağlanabildiğini öne sürmüşlerdir.Bu sayede ise nanobubble ile %86 su kullanımının azalması, %97 atıksu azalması, %80'e varan enerji kullanımında azalma, %50 kimyasal ürün kullanımında azalma ve 1:1 gibi son derece düşük flotte oranında çalışılabildiğini öne sürerek, kimyasal israfının, yıkama ve kurutma adımlarının azaltıldığının hatta daha düşük sıcaklıklarda işlem yapılabildiğini belirterek son derece sürdürülebilir bir teknoloji olduğunu açıklamışlardır.

3.MATERYAL ve YÖNTEM

3.1.Materyal

3.1.1.Kumaş

Çalışmada kullanılan %100 pamuk dokuma havlu kumaş, ön terbiye işlemleri yapılmış, zemin çözgü ipliği, Ne 20/2 (ring), hav çözgü ipliği, Ne 16/1 (açık büküm), atkı çözgü ipliği, Ne 16/1(open end) numaralarındaki ipliklerden üretilmiştir. Gramajı, 370 g/m^2' dir.

3.1.2.Kimyasallar

Yıkama çözeltilerinin pH' ını ayarlamak amacıyla asetik asit ve *Securon BATH3* kimyasalları kullanılırken, hidrolize olmuş boyarmaddeleri kumaştan uzaklaştırmak için ise *Isapon HDS-T* (sabun) kullanılmıştır. Sırasıyla iyon tutucu, tüy enzimi, fiksatör ve antistatik olarak, *Securon 1420 CT, Cellsoft NB CONC, Akfix P* ve *Aquasoft Nass* kullanılmıştır.

Asetik asit

Akkim Kimya San.ve Tic. A.Ş.'den tedarik edilmiştir. CH_3COOH formülizasyonludur. Suda çözünebilir. %80 konsantrasyona sahiptir.

Securon BATH3

Pulcra chemicals' tan tedarik edilmiştir. Su içerisinde tamamen çözünebilir. pH' ı 1-3 aralığındadır. Bu kimyasal, formik asit (%30-50), asetik asit (%10-20), limon asidi (monohidrat) (%10-20) ve fosforik asitten (%1-1,5) oluşmaktadır

Isopon HDS-T (Sabun)

Bozetto Group' tan tedarik edilmiş olup fikse olmamış boyarmadde ve mürekkepleri disperse etme kapasiteleri yüksek yüzey aktif maddedir.

Securon 1420 CT (İyon tutucu)

Pulcra kimya'dan tedarik edilmiştir. Katı madde, %25'liktir.

Cellsoft NB CONC (Tüy enzimi)

*Alfa kimya'*dan tedarik edilmiş olup, %35'liktir.

Akfix P (Fiksatör)

Akkim Kimya San.ve Tic. A.Ş.'den tedarik edilmiş olup, katyonik polimer çözeltisidir. Sıvı formdadır. Berrak bir renge ve karakteristik bir kokuya sahiptir. pH'ı 5,5±1'dir. Suda homojen bir şekilde çözülmektedir. N,N-Dimetil-2- hidroksi propilamonyum klorür polimeri[CAS#25988-97-0](<%25) içeriğine sahip karışımdan oluşmaktadır.

Aquasoft Nass

Pulcra Kimya'dan tedarik edilmiştir. Hidrofil silikonlu yumuşatıcı olarak sınıflandırılmaktadır.
20°C'de pH' ı 4-5 aralığında olup 10g/l konsantrasyon oranında üretilmiştir.

Tuz

Selçuk Tuz' dan tedarik edilmiştir. NaCl ve Na_2SO_4 formülizasyonuna sahip iki çeşit tuz kullanılmaktadır. NaCl sıvı halde otomasyondan verilmektedir 330 g/l çözünmektedir. Na_2SO_4 kokusuz beyaz renktedir katı halde kullanılır. Suda çözülebilir formdadır.

Soda

Ozan Boya ve Kimyevi Maddeler Tarım İnş. San. Ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Kimyasal formülü Na_2CO_3, %20'lik konsantrasyonda sıvı şeklinde otomatik dozajlanarak kullanılmaktadır. pH'ı 11,1'dir. Kokusuzdur.

3.1.3. Boyarmaddeler

Araştırmada kullanılmış olan boyarmaddelerle ilgili detaylar Çizgelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge3.1. İşletme şartlarında açık-orta-koyu tonda yapılan karışım boyamalarda ve laboratuvar şartlarında araştılan orta ton (%1'lik) boyamalarda kullanılan boyarmaddeler ve konsantrasyonları

AD	Boyarmadde adı	Boyarmadde %	Fonksiyonel Grubu
122151 somon	SYN.YELLOW HF 4 GL %150	0,12	BİFONKSİYONEL
	SYN. RED HF-3B	0,0414	
	SYN.BLUE K BR	0,00088	
132736 gül kurusu	EVER.YELLOW LX YENİ	0,0456	BİFONKSİYONEL
	EVER.RED LX YENİ	0,0573	
	EVER.BLUE LX YENİ	0,0357	
135194 super pink	KIMSOLINE RED HF 6BN %150	0,0573	BİFONKSİYONEL
	SYN.BLUE K BR	0,0357	
165214 turquoise	SYN. YELLOW HF 4 GL%150	0,0157	BİFONKSİYONEL
	SYN.BLUE KBR	0,043	
	ITOFİX TURQ BLUE G (N) %266	0,652	MONOFONKSİYONEL
145475 blue	EVER RED LX YENİ	0.067	BİFONKSİYONEL
	EVER BLUE LX YENİ	0.454	
142705 red paspas	KİM.YELLOW KBD CONC	0.867	TRIFONKSİYONEL
	KİM.RED KBD CONC	2	
	SYN.BLUE K BR	0.04	BİFONKSİYONEL
160170 navy	SYN.YELLOW HF 4GL %150	0.19	BİFONKSİYONEL
	SYN.BLUE K BR	0.437	
	KİM.N.BLUE KBF	2.3	
142705 red	KİM.YELLOW KBD CONC	1.02	TRIFONKSİYONEL
	KİM.RED KBD CONC	2.36	
	SYN. BLUE K BR	0.047	BİFONKSİYONEL
160210 navy	EVER RED ED 7 BN	0.297	BİFONKSİYONEL
	EVER NAVY ED	0.929	
	EVER BLACK ED-G	1.42	

Çizelge 3.1. İşletme şartlarında açık-orta-koyu tonda yapılan karışım boyamalarda ve laboratuvar şartlarında araştılan orta ton (%1'lik) boyamalarda kullanılan boyarmaddeler ve konsantrasyonları (devam)

Atıksuların tekrar kullanıldığı çalışmlara ait boyarmaddeler			
175518 grey	EVER.YELLOW LX YENİ	0.0731	BİFONKSİYONEL
	EVER RED LX YENİ	0.0424	
	EVER.BLUE LX YENİ	0.167	
162777 duck egg	EVER.YELLOW LX YENİ	0.0227	BİFONKSİYONEL
	EVER.RED LX YENİ	0.00132	
	EVER.BLUE LX YENİ	0.0825	
120303 yellow	KİM. GOLD YELLOW HF 2 GR %150	0.82	BİFONKSİYONEL
	KİMSOLİN RED HF 6 BN %150	0.0037	
	SYN. BLUE K BR	0.0026	
145414 Wishfulblue	SYN.G. YELLOW HF 4 GR	0.213	BİFONKSİYONEL
	KİMSOLİN RED HF 6 BN %150	0.12	
	SYN. BLUE K BR	0.52	
160165 navy	KİMSOLİN RED HF 6 BN %150	0.36	BİFONKSİYONEL
	KİM. N. BLUE KBF	0.96	
	EVER. BLUE C-R S/P	0.95	MONOFONKSİYONEL
Laboratuvar Denemeleri			
Reaktif grup sayısı ile yıkama atıksulardaki geçirgenlik farkı ilişkisi	Synozol Blue KBR	1	BİFONKSİYONEL
	Kimsoline Navy Blue KBD CONC	1	TRİFONKSİYONEL
	Everzol Blue C-R S/P	1	MONOFONKSİYONEL
Sabun eliminasyonu (Sıcaklık artırımı - Nanobubble)	Synozol Blue KBR	1	BİFONKSİYONEL
	Synozol Red KHL	1	BİFONKSİYONEL
	Itofix Turquoise	1	MONOFONKSİYONEL

3.1.4.Makineler

Numune boyama makinesi

ATAÇ Lab-Dye HT marka numune boyama makinesi 100 ml'lik 16 tüp kapasitesine sahiptir. Bu makinenin çalışma sıcaklığı 35-135℃ aralığındadır. Isıtma işlemi infrared rezistans ile soğutma işlemi ise hava sirkülasyonu ve su yardımıyla gerçekleşmektedir. Yüksek sıcaklık (HT) ve atmosferik çalışma şartlarına uygundur. Şekil 3.1'de cihaza ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.1. Numune boyama makinesi

UV-VİS Spektrofotometresi

Çalışmada ultraviyole ve görünür ışık (UV-VİS) absorpsiyon spektroskopisi için *RayLeigh VIS723 G* cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz 320-1100 nm dalga boyu aralığında tek ışın dalga boyu taraması yapmaktadır. Cihazın spektral bant genişliği 5nm, 2nm ve 1 nm olup, bu çalışmada 5 nm olarak seçilmiştir. Şekil 3.2'de cihaza ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.2. UV-VİS Spektrofotometresi

Yıkama haslığı test cihazı

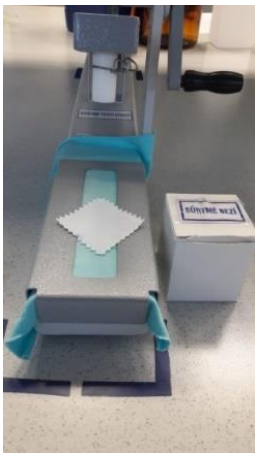
Bu çalışmada tekstil materyallerinin yıkama haslıkları testleri *James Heal Gyrowash* kullanılarak yapılmıştır. Bu cihaz tek banyolu olup 8 tüp kapasitelidir. Mikroişlemci kontrol ünitesiyle maksimum 98℃' ye kadar tercihen 2℃/dk hız ile çıkmaktadır. Şekil 3.3'te cihaza ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.3. Yıkama haslığı makinesi

Sürtme haslığı test cihazı

Tekstil materyallerinin yaş ve kuru sürtünme haslıklarını tespit etmek için *Askal* marka crockmeter kullanılmıştır. Şekil 3.4'te cihaza ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.4. Sürtme haslığı test cihazı

Nanobubble oksijen zenginleştirme jeneratörü

BST Water Nanobubble markalı hava ve oksijen süspansiyonlu nanobubble jeneratörü ile basınç boşaltılarak su ve gazın sirkülasyonuna bağlı olarak içerisindeki nanokabarcıkların oluşumu sağlanır. Şekil 3.5'te cihaza ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.5. Hava ve oksijen süspansiyonlu nanobubble jeneratörü

3.2.Yöntem

Reaktif boyama sırasında hidroliz olan boyarmaddeyi ve/veya life fikse olmayan boyarmaddeyi kumaş yüzeyinden uzaklaştırma adına çok sayıda ve şekilde yıkama işlemi yapılmaktadır. Bazik ortamda boyarmadde ile lif arasında gerçekleşen reaksiyon, boyarmaddenin hidrolizinden hızlı gerçekleşse bile, boyarmaddenin fonksiyonel grup sayısına bağlı olarak %10-40'ı hidrolize uğrayabilmektedir.

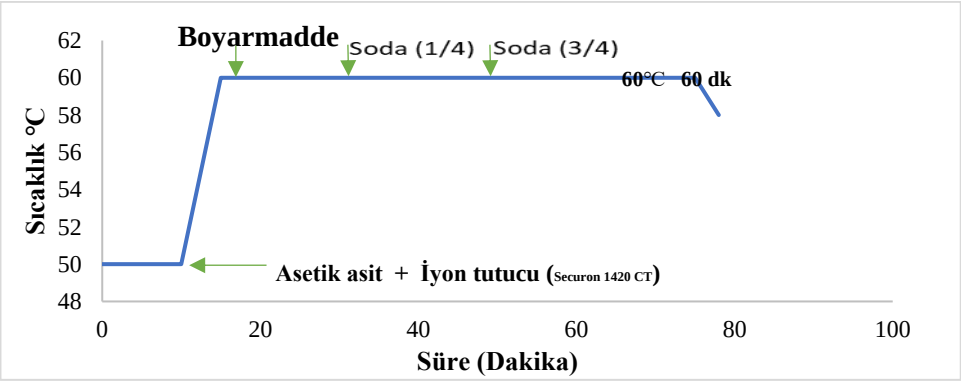
Bu durum reaktif boyama sonrası yapılan konvansiyonel yıkama işlemlerinde zaman, enerji ve işçilik kaybına neden olurken, aynı zamanda su israfına da sebep olan yüksek maliyetli bir yıkama rejimi meydana getirmektedir. Bu nedenle bir ve birden fazla reaktif gruba sahip reaktif boyarmaddelerin, yıkama atıksularında göstermiş olduğu hidrolizat kirliliği Bursalı Tekstil AŞ. İşletmesi şartlarında karışım boyamalar üzerinden araştırılmıştır. Bu amaçla işletmede açık, orta ve koyu tonlarda yapılan boyamalar sonrası yıkamaların gerek yıkama rejimleri, gerekse yıkama reçeteleri incelenmiştir. Yıkama banyolarından örnekler alınarak öncelikle reaktif boyama atık banyolarından hangilerinin dekolorizasyon yapılmaksızın kullanılabileceğini belirlemek amacıyla UV-Vis spektrofotometrede transmitans ve absorbans değerleri ölçülmüştür.

Bu değerler incelenerek 1. Değiştirme fazı, Difüzyon fazı ve 2. Değiştirme fazına ait olan banyolar saptanmaya çalışılmıştır. Yıkama banyolarında fonksiyonel grup sayısının ve renk derinliğinin hidrolizat yükü üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Daha sonra, özellikle transmittans değerlerine göre dekolorizasyon yapılmaksızın tekrar kullanım için uygun olan banyolar bir sonraki boyamaların ilk yıkama banyolarında kullanılmış ve elde edilen mamulün yıkama ve sürtme haslık değerleri ile renk farklılıkları araştırılmıştır.

Kullanılan su miktarının azaltılmasına ilaveten difüzyon fazında kullanılan deterjan yükünü azaltmak amacıyla deterjansız ve nanobuble içeren yıkama suları ile yeni yıkama rejimleri oluşturulmuştur. Yeni yıkama rejimlerinin mamülün yıkama ve sürtme haslık değerleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Yeni yıkama rejimlerinin KOİ yükleri ölçülmüştür.

3.2.1. Konvansiyonel Reaktif Boyama Prosesi

Konvansiyonel boyama prosesinde 60°C' de, öncelikle sırasıyla tuz, iyon tutucu ve tüy enzimi ilavesi yapılmıştır. pH kontrolünden 15 dakika sonra 15 dakika boyunca boya verilmeye başlanmış, 35 dakika sonra ise 20 dakika boyunca soda (1/4) verilmiş ve 5 dakika sonra kalan soda (3/4) 20 dakika boyunca verilmeye devam edilmiştir. 60 dakika sonrasında yapılan renk kontrolü sonucunda 5 dakika boyunca soğuk-sıcak taşarlı durulama gerçekleştirilmiş ve konvansiyonel yıkama periyoduna geçilmiştir. Reaktif boyama prosesine ait diyagram Şekil 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.6. Açık-orta-koyu tonlar için konvansiyonel reaktif boyama diyagramı

Araştırılan açık tondaki numunelere ait reçeteler

1) 122151 somon

Bifonksiyonel *Synozol Yellow HF 4 GL*, bifonksiyonel *Synozol Red HF-3B* ve bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* boyarmaddeleri ile yapılan %0,16 lık karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Açık tonda 122151 somon adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**	
Tuz (NaCl)	30g/l	Asetik asit %80 2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Antistatik (Aquasoft Nass) 5.Banyo	3 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3 5. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	**Boyarmadde (%0,5 k.a.g. ve altında)**	
Synozol Yellow HF 4 GL%150	%0,12		
Synozol Red HF 3B	%0,0414	**Flotte Oranı [1:10]**	
Synozol Blue KBR	%0,00088		
Soda (1. porsiyon)	4 g/l	**122151 Somon**	
Soda (2. porsiyon)	10g/l		

2) 132736 gül kurusu

Bifonksiyonel Everzol Yellow LX, bifonksiyonel Everzol Red LX ve bifonksiyonel Everzol Blue LX boyarmaddeleri ile yapılan %0,13'lük karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Açık tonda 132736 gül kurusu adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**	
Tuz (NaCl)	20g/l	Asetik asit %80 2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Antistatik (Aquasoft Nass) 5.Banyo	3 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3 5. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	**Boyarmadde (%0,5 k.a.g. ve altında)**	
Everzol Yellow LX	%0,0436		
Everzol Red LX	%0,00533	**Flotte Oranı [1:10]**	
Everzol Blue LX	%0,0357		
Soda (1. porsiyon)	4 g/l	**132736 gül kurusu**	
Soda (2. porsiyon)	10g/l		

Araştırılan orta tondaki numunelere ait reçeteler

1) 135194 super pink

Bifonksiyonel *Kimsoline Red HF 6BN %150* ve bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* boyarmaddeleri ile yapılan %0,56' lık karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.4' te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Orta tonda 135194 super pink adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz ($NaCl$)	30g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	0,5 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3	6. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	**Boyarmadde (%0,5-1,5 k.a.g. arasında)**		
Kimsoline. Red HF 6 BN %150	%0,556			
Synozol Blue KBR	%0,0093	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (1. porsiyon)	6 g/l	**135194 super pink**		
Soda (2. porsiyon)	10 g/l			

2) 165214 turquoise

Bifonksiyonel *Synozol Yellow HF*, bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* ve monofonksiyonel *Itofix Turquiose* boyarmaddeleri ile yapılan %0,71'lik karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.
Bu boyama çalışmasında orta boyama yapılmış olup, haslıkları göz önüne alınarak koyu yıkama prosesi uygulanmıştır.

Çizelge 3.5. Orta ton 165214 turquoise adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz (Na_2SO_4)	30g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	0,5 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3	6. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	Fiksatör (Akfix P)	6. Banyo	3 g/l
Syn. Yellow HF 4GL %150	%0,0157	**Boyarmadde (%0,5-1,5 k.a.g. arasında)**		
Itofix Turq Blue G (N) %266	%0,652			
Synozol Blue KBR	%0,043	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (1. porsiyon)	10 g/l	**165214 Turquoise**		
Soda (2. porsiyon)	10 g/l			

3) 145475 blue

Bifonksiyonel *Everzol Yellow LX*, bifonksiyonel *Everzol Red LX* ve bifonksiyonel *Everzol Blue LX* boyarmaddeleri ile yapılan %0,54'lük karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Orta tonda yapılan 145475 Blue adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz (NaCl)	30g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	0,5 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3	6. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	**Boyarmadde (%0,5-1,5 k.a.g. arasında)**		
Syn. G Yellow HF 2 GR	%0,82			
Kimsolin Red HF 6 BN %150	%0,0037	**Flotte Oranı [1:10]**		
Synozol Blue KBR	%0,0026			
Soda (1. porsiyon)	6,5 g/l	**145475 Blue**		
Soda (2. porsiyon)	12 g/l			

Araştırılan koyu tondaki numunelere ait reçeteler

1) 142705 red paspas

Trifonksiyonel *Kimsoline Yellow KBD CONC*, trifonksiyonel *Kimsoline Red KBD CONC* ve bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* boyarmaddeleri ile yapılan %2,9' luk karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Koyu tonda yapılan 142705 red paspas adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz (NaCl)	70 g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	1 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Sabun (Isopon HDS-T)	4. Banyo	1 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	5. Banyo	0,5 g/l
Kimsoline Yellow KBD CONC	%0,86	Securon BATH3	7. Banyo	0,6 g/l
Kimsoline Red KBD CONC	%2	Fiksatör (Akfix P)	7. Banyo	1,5 g/l
Synozol Blue KBR	%0,04	**Boyarmadde (%1,5 k.a.g. ve üzeri)**		
Soda (1. porsiyon)	10 g/l	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (2. porsiyon)	15 g/l	**142705 red paspas**		

2) 160170 navy

Bifonksiyonel *Synozol Yellow HF 4GL %150,* bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* ve bifonksiyonel *Kimsoline Navy Blue KBF* boyarmaddeleri ile yapılan %2,9'luk karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.8'de verilmiştir. Bu yıkama prosesinde haslık sonuçları göz önüne alınarak 3 banyoda da sabunlama işlemi yapılmıştır.

Çizelge 3.8. Koyu tonda yapılan 160170 navy adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz (NaCl)	65 g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	1 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Sabun (Isopon HDS-T)	4. Banyo	0,5 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	Securon BATH3	7. Banyo	0,6 g/l
Synozol Yellow HF 4GL %150	%0,19	Fiksatör (Akfix P)	7. Banyo	1,5 g/l
Synozol Blue KBR	%0,43	**Boyarmadde (%1,5 k.a.g. ve üzeri)**		
Kimsoline N. Blue KBF	%2,3	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (1. porsiyon)	10 g/l	**160170 navy**		
Soda (2. porsiyon)	15 g/l			

3) 142705 red

Trifonksiyonel *Kimsoline Yellow KBD CONC,* trifonksiyonel *Kimsoline Red KBD CONC* ve bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* boyarmaddeleri ile yapılan %3,4' lük karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Koyu tonda yapılan 142705 red adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz (NaCl)	80 g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	1 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	0,4	Sabun (Isopon HDS-T)	4. Banyo	1 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	5. Banyo	0,5 g/l
Kimsoline Yellow KBD CONC	%1,02	Securon BATH3	7. Banyo	0,6 g/l
Kimsoline Red KBD CONC	%2,36	Fiksatör (Akfix P)	7. Banyo	1,5 g/l
Synozol Blue KBR	%0,047	**Boyarmadde (%1,5 k.a.g. ve üzeri)**		
Soda (1. porsiyon)	10 g/l	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (2. porsiyon)	15 g/l	**142705 red**		

4) 160210 navy

Bifonksiyonel *Everzol Red ED 7 BN*, bifonksiyonel *Everzol Navy ED* ve bifonksiyonel *Everzol Black ED-G* boyarmaddeleri ile yapılan %2,6'lık karışım boyamasına ait konvansiyonel boyama ve yıkama reçeteleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Koyu tonda yapılan 160210 navy adlı karışım boyamasına ait reçeteler

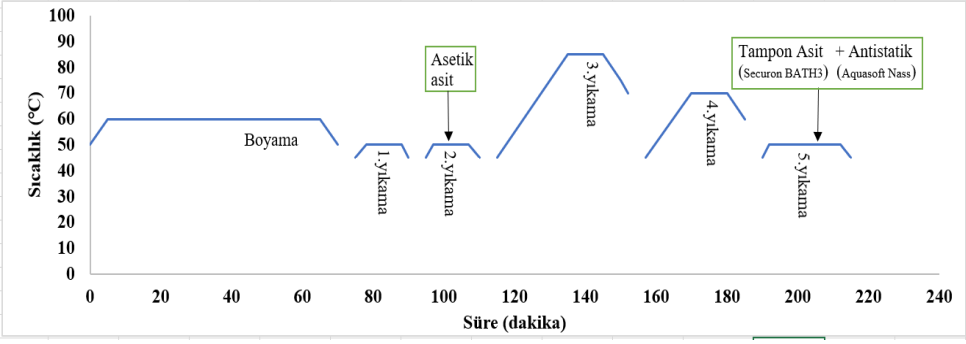
BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz (NaCl)	50 g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	1 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Sabun (Isopon HDS-T)	4. Banyo	1 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	5. Banyo	0,5 g/l
Everzol Red ED 7 BN	%0,297	Securon BATH3	7. Banyo	0,6 g/l
Everzol Navy ED	%0,929	Fiksatör (Akfix P)	7. Banyo	1,5 g/l
Everzol Black ED-G	%1,42	**Boyarmadde (%1,5 k.a.g. ve üzeri)**		
Soda (1. porsiyon)	10 g/l	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (2. porsiyon)	15 g/l	**160210 navy**		

3.2.2. Konvansiyonel Yıkama Prosesleri

Boyama işleminde kullanılan boyarmadde yüzdesine göre, yıkama rejimlerinde açık-orta-koyu ton olmak üzere üç farklı metot kullanılmıştır. Boyarmadde aralığı %0,5' e kadar olan boyamalar açık ton, %0,5-1,5 aralığındaki boyamalar orta ton ve %1,5 üzeri boyamalar ise koyu ton olarak sınıflandırılmıştır.

Açık ton reaktif boyamalar için uygulanan konvansiyonel yıkama prosesi

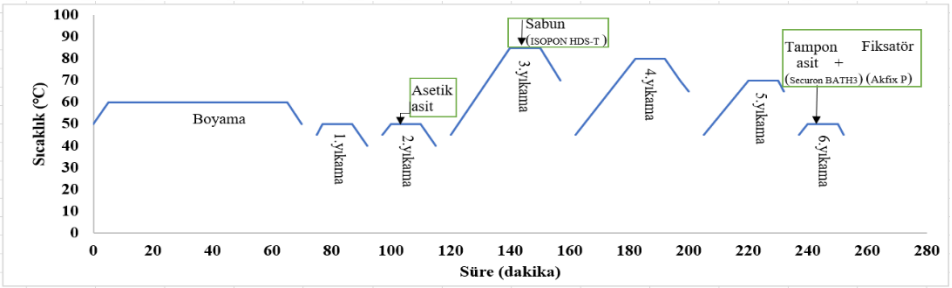
Bu proses beş yıkama adımından oluşmaktadır. Birinci banyoda 10 dakikalık durulama (step-50℃), ikinci banyoda asetik asit ile 10 dakikalık durulama(step-50℃), üçüncü banyoda 10 dakikalık kaynar sabunlama(step-85℃), dördüncü banyoda 10 dakikalık durulama (taşar-75℃) ve beşinci banyoda ise *Securon BATH3* ve *AQUASOFT NASS* (yumuşatıcı) kimyasalları ile 10 dakikalık durulama yapılmıştır. Bu prosese ait diyagram Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Açık ton boyamalar için uygulanan yıkama prosesi

Orta ton reaktif boyamalar için uygulanan konvansiyonel yıkama prosesi

Bu proses altı yıkama adımından oluşmaktadır. Birinci banyoda 10 dakikalık durulama (step-50°C), ikinci banyoda asetik asit ile 10 dakikalık durulama (step-50°C), üçüncü banyoda 10 dakikalık kaynar sabunlama (step-85°C), dördüncü banyoda 10 dakikalık durulama (step-80°C), beşinci banyoda 10 dakikalık durulama (step-70°C) ve sonrasında 5 dakikalık taşarlı durulama (sıcak-soğuk su) ve altıncı banyoda Securon BATH3 kimyasalı ile 10 dakikalık durulama (step-50°C) yapılmıştır. Bu prosese ait diyagram Şekil 3.8'de verilmiştir.

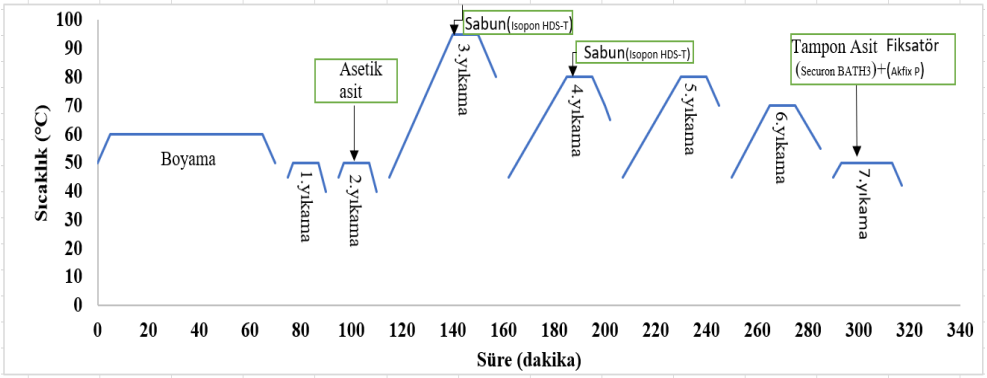


Şekil 3.8. Orta ton boyamalar için uygulanan yıkama prosesi

Koyu ton reaktif boyamalar için uygulanan konvansiyonel yıkama prosesi

Bu proses yedi adımdan oluşmaktadır. Birinci banyoda 10 dakikalık durulama (step-50°C), ikinci banyoda asetik asit ile 10 dakikalık durulama(step-50°C), üçüncü banyoda 10 dakikalık kaynar sabunlama (step-95°C) ve 5 dakikalık taşarlı boşaltma(soğuk), dördüncü banyoda 10 dakikalık kaynar sabunlama (step-80°C), beşinci banyoda 10 dakikalık durulama (step-80°C), altıncı banyoda 10 dakikalık durulama (step-70°C) ve 5 dakikalık taşarlı durulama (sıcak-soğuk su) ve yedinci banyoda Securon BATH3 ile 10 dakikalık durulama ardından, 15 dakika fiksatör ile pH kontrolü ve 15 dakika durulama

şeklinde gerçekleşmektedir. Bazı boyamalarda haslık sonuçları göz önüne alınarak beşinci banyoda da kaynar sabunlama (step-80℃) olacak şekilde prosese eklenebilmektedir. Bu prosese ait diyagram Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Koyu ton boyamalar için uygulanan yıkama prosesi

3.2.3. Reaktif Boyama Sonrası Yıkamalarda Atıksu Geri Kazanımı

Pamuklu dokuma havlu kumaşların, reaktif boyarmaddelerle boyanmasının ardından gerçekleştirilen ard yıkamaların atıksu absorbans ve transmitans değerleri incelenmiştir.Genel olarak (açık-orta-koyu tonlar) son iki banyonun tekrar kullanılabilir olduğu görülmüştür. Konvansiyonel yıkama prosesleri ve laboratuvar denemeleri (atıksuların tekrar durulama suyu olarak ilk iki banyoda kullanılması) birbiriyle kıyaslanmıştır.

Açık ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları

Açık ton yıkama prosesinde, atıksuların tekrar kullanımı şeması Şekil 3.10' da verilmiştir.



Şekil 3.10. Açık ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı

1) 175518 grey

Yapılan açık ton (%0,28) karışım boyama çalışmasında bifonksiyonel *Everzol Blue LX*, bifonksiyonel *Everzol Red LX* ve bifonksiyonel *Everzol Yellow LX* boyarmaddeleri kullanılmıştır. Boyama işlemi sonunda boyalı kumaş numunesi alınmış ve muhafaza edilmiştir. Devam eden konvansiyonel açık ton yıkama prosesinde ise son iki durulama banyosu ayrı ayrı kaplara alınıp muhafaza edilmiştir. Boyalı kumaş numunesinin ilk iki durulama suyunda aynı numuneye ait boyamanın, son iki durulama atık suyu kullanılarak, sonraki üç banyoda ise temiz su kullanılarak prosese devam edilmiştir. Boyama ve yıkama işlerine ait reçeteler Çizelge 3.11'da verilmiştir.

Çizelge 3.11. Açık tonda yapılan 175518 grey adlı karışım boyamasına ait reçeteler

<table>
<tr><th colspan="2">BOYAMA</th><th colspan="3">YIKAMA</th></tr>
<tr><td>Tuz (NaCl)</td><td>20g/l</td><td>Asetik asit %80</td><td>2. Banyo</td><td>0,8 g/l</td></tr>
<tr><td>Asetik asit %80</td><td>0,1 g/l</td><td>Antistatik (Aquasoft Nass)</td><td>5.Banyo</td><td>3 g/l</td></tr>
<tr><td>Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)</td><td>%0,4</td><td>Securon BATH3</td><td>5. Banyo</td><td>0,6 g/l</td></tr>
<tr><td>İyon tutucu (SECURON 1420 CT)</td><td>0,5 g/l</td><td colspan="3" rowspan="2">Boyarmadde (%0,5 k.a.g. ve altında)</td></tr>
<tr><td>EVER.YELLOW LX YENİ</td><td>0.0731</td></tr>
<tr><td>EVER RED LX YENİ</td><td>0.0424</td><td colspan="3">Flotte Oranı [1:10]</td></tr>
<tr><td>EVER.BLUE LX YENİ</td><td>0.167</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Soda (1. porsiyon)</td><td>4,5 g/l</td><td colspan="3" rowspan="2">175518 grey</td></tr>
<tr><td>Soda (2. porsiyon)</td><td>8 g/l</td></tr>
</table>

2) 162777 duck egg

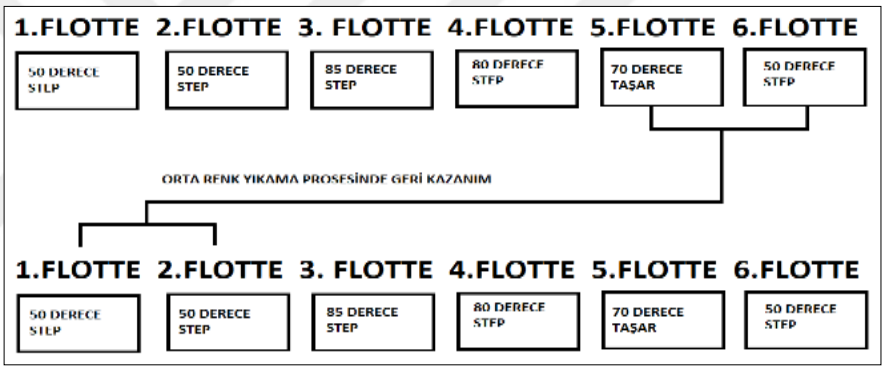
Yapılan açık ton (%0,28) karışım boyama çalışmasında bifonksiyonel *Everzol Blue LX*, bifonksiyonel *Everzol Red LX* ve bifonksiyonel *Everzol Yellow LX* boyarmaddeleri kullanılmıştır. Boyama işlemi sonunda boyalı kumaş numunesi alınmış ve muhafaza edilmiştir. Devam eden konvansiyonel açık ton yıkama prosesinde ise son iki durulama banyosu ayrı ayrı kaplara alınıp muhafaza edilmiştir. Boyalı kumaş numunesinin ilk iki durulama suyunda aynı numuneye ait boyamanın, son iki durulama atık suyu kullanılarak, sonraki üç banyoda ise temiz su kullanılarak prosese devam edilmiştir. Boyama ve yıkama işlerine ait reçeteler Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Açık tonda yapılan 162777 duck egg adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		YIKAMA		
Tuz (NaCl)	20g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Antistatik (Aquasoft Nass)	5.Banyo	3 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3	5. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	**Boyarmadde (%0,5 k.a.g. ve altında)**		
Everzol Yellow LX	%0,0227			
Everzol Red LX	%0,00132	**Flotte Oranı [1:10]**		
Everzol Blue LX	%0,0825			
Soda (1. porsiyon)	4 g/l	**162777 duck egg**		
Soda (2. porsiyon)	5 g/l			

Orta ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları

Orta ton yıkama prosesinde, atıksuların tekrar kullanımı şeması Şekil 3.11' de verilmiştir.



Şekil 3.11. Orta ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı

1) 120303 yellow

Yapılan orta ton (%0,8) karışım boyama çalışmasında bifonksiyonel *Kimsoline Gold Yellow HF 2GR %150*, bifonksiyonel *Kimsoline Red HF 6 BN %150* ve bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* boyarmaddeleri kullanılmıştır. Boyama işlemi sonunda boyalı kumaş numunesi alınmış ve muhafaza edilmiştir. Devam eden konvansiyonel orta ton yıkama prosesinde ise son iki durulama banyosu ayrı ayrı kaplara alınıp muhafaza edilmiştir. Boyalı kumaş numunesinin ilk iki durulama suyunda aynı numuneye ait boyamanın, son iki durulama atık suyu kullanılarak, sonraki dört banyoda ise temiz su kullanılarak prosese devam edilmiştir. Boyama ve yıkama işlerine ait reçeteler Çizelge 3.13'te verilmiştir.

Çizelge 3.13. Orta tonda yapılan 120303 yellow adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		YIKAMA		
Tuz (NaCl)	30g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	0,5 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3	6. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	Fiksatör (Akfix P)	6. Banyo	3 g/l
KİM. GOLD YELLOW HF 2 GR %150	%0,82	**Boyarmadde (%0,5-1,5 k.a.g. arasında)**		
KİMSOLİN RED HF 6 BN %150	%0,0037			
SYN. BLUE KBR	%0.0026	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (1. porsiyon)	4,5 g/l	**120303 yellow**		
Soda (2. porsiyon)	13,5 g/l			

2) 145414 Wishfulblue

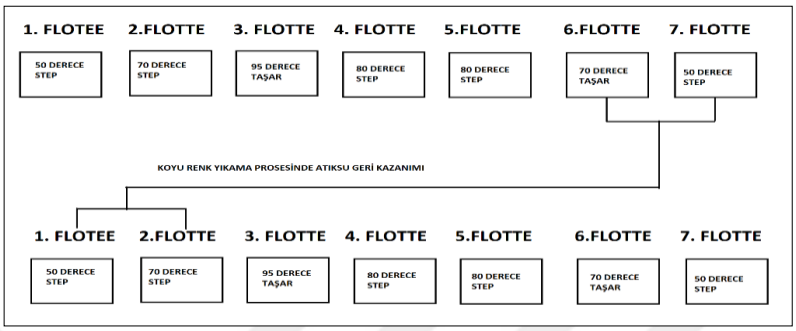
Yapılan orta ton (%0,81) karışım boyama çalışmasında bifonksiyonel *Synozol Gold Yellow HF 4GR,* bifonksiyonel *Kimsoline Red HF 6 BN %150* ve bifonksiyonel *Synozol Blue K BR* boyarmaddeleri kullanılmıştır. Boyama işlemi sonunda boyalı kumaş numunesi alınmış ve muhafaza edilmiştir. Devam eden konvansiyonel orta ton yıkama prosesinde ise son iki durulama banyosu ayrı ayrı kaplara alınıp muhafaza edilmiştir. Boyalı kumaş numunesinin ilk iki durulama suyunda aynı numuneye ait boyamanın, son iki durulama atık suyu kullanılarak, sonraki dört banyoda ise temiz su kullanılarak prosese devam edilmiştir. Boyama ve yıkama işlerine ait reçeteler Çizelge 3.14'te verilmiştir.

Çizelge 3.14. Orta tonda yapılan 145414 wishfulblue adlı karışım boyamasına ait reçeteler

BOYAMA		YIKAMA		
Tuz (NaCl)	30g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	1 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Securon BATH3	6. Banyo	0,6 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	**Boyarmadde (%0,5-1,5 k.a.g. arasında)**		
Syn. G Yellow HF 4 GR	%0,206			
Kimsolin Red HF 6 BN %150	%0,119	**Flotte Oranı [1:10]**		
Synozol Blue KBR	%0,494			
Soda (1. porsiyon)	6 g/l	**145414 Wishfulblue**		
Soda (2. porsiyon)	12,5 g/l			

Koyu ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları

Koyu ton yıkama prosesinde, atıksuların tekrar kullanımı şeması Şekil 3.12' de verilmiştir.



Şekil 3.12. Koyu ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı

1) 160165 navy

Yapılan koyu ton (%2,27) karışım boyama çalışmasında bifonksiyonel *Synozol Gold Yellow HF 4GR,* bifonksiyonel *Kimsoline Navy Blue KBF* ve monofonksiyonel *Everzol Blue C-R S/P* boyarmaddeleri kullanılmıştır. Boyama işlemi sonunda boyalı kumaş numunesi alınmış ve muhafaza edilmiştir. Devam eden konvansiyonel koyu ton yıkama prosesinde ise son iki durulama banyosu ayrı ayrı kaplara alınıp muhafaza edilmiştir. Boyalı kumaş numunesinin ilk iki durulama suyunda aynı numuneye ait boyamanın, son iki durulama atık suyu kullanılarak, sonraki beş banyoda ise temiz su kullanılarak prosese devam edilmiştir. Boyama ve yıkama işlerine ait reçeteler Çizelge 3.15'te verilmiştir.

Çizelge 3.15. Koyu tonda yapılan 160165 navy adlı karışım boyamasına ait reçeteler

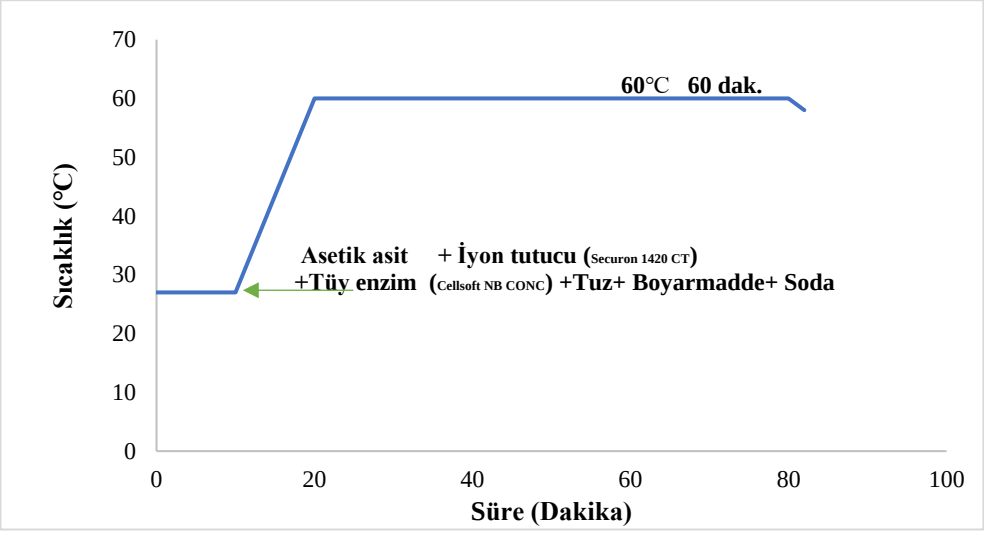
BOYAMA		**YIKAMA**		
Tuz (Na_2SO_4)	50 g/l	Asetik asit %80	2. Banyo	0,8 g/l
Asetik asit %80	0,1 g/l	Sabun (Isopon HDS-T)	3. Banyo	1 g/l
Tüy Enzimi (CELLSOFT NB CONC)	%0,4	Sabun (Isopon HDS-T)	4. Banyo	0,5 g/l
İyon tutucu (SECURON 1420 CT)	0,5 g/l	Securon BATH3	7. Banyo	0,6 g/l
Kimsoline Red HF 6 BN %150	%0,36	Fiksatör (Akfix P)	7. Banyo	1,5 g/l
Kimsoline N. Blue KBF	%0,96	**Boyarmadde (%1,5 k.a.g. ve üzeri)**		
Everzol Blue C-R S/P	%0,95	**Flotte Oranı [1:10]**		
Soda (1. porsiyon)	10 g/l	**160165 navy**		
Soda (2. porsiyon)	10 g/l			

3.2.4. Reaktif Grup Sayılarına Göre boyarmaddelerin, yıkama banyosundaki kirlilik oranlarının incelenmesi

Farklı sayıda reaktif gruba sahip boyarmaddeler ile öncelikle numune boyama makinesinde konvansiyonel boyama prosesi uygulanmış ve devamında bu kumaşlara konvansiyonel yıkama prosesi uygulanmıştır. Boyarmadde miktarı %1 olacak şekilde orta tonda yapılan bu denemede, altı banyolu orta ton yıkama prosesi uygulanmıştır. Banyoların abs ve %T değerleri boyarmaddenin reaktif grup sayısının değişimi ile ilişkilendirilmiştir.

3.2.5. Laboratuvar şartlarına uyarlanmış konvansiyonel boyama prosesi

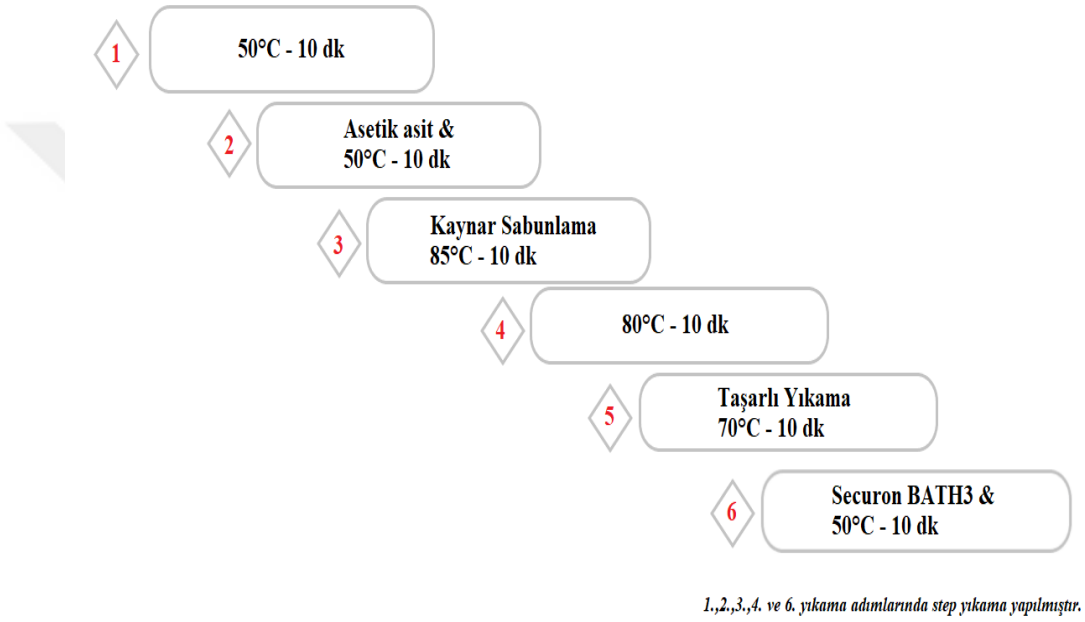
Boyama işleminde 5 gr ağırlığında ön işlem görmüş dokuma havlu kumaşlar kullanılmıştır. Boyama işleminden önce numuneler %0,05 konsantrasyonda ıslatıcı içeren banyoda AF %100 olacak şekilde ıslatılmıştır. Boyamalar %1 (orta ton) boyarmadde konsantrasyonunda 1:10 flotte oranında yapılmıştır. Soda çözeltisi %20' lik olacak şekilde laboratuvar koşullarında hazırlanmıştır. Tuz çözeltisi 330 g/l olacak şekilde işletmeden temin edilmiştir. Boyama banyolarına 1 ml/L ıslatıcı ilave edilmiştir. Konvansiyonel boyama prosesi diyagramı Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. Konvansiyonel boyama diyagramı (numune boyama)

3.2.6. Laboratuvar şartlarına uyarlanmış konvansiyonel orta ton yıkama prosesi

Yıkama işlemi olarak işletmenin orta ton (boyarmadde oranı %1) yıkama prosesi kullanılmıştır. Bu proses soğuk durulama (50°C-10 dk)-asetik asitle durulama (50°C-10 dk)-*ISOPON HDS-T* (%0,5) ile kaynar sabunlama (85°C-10 dk)-taşarlı soğuk durulama (70°C-10 dk)-*Securon BATH3* (%7) ile durulama(50°C-10 dk) adımlarından oluşmaktadır. Yıkamadaki flotte oranı 1:10 dur. Yıkamadan sonra abs ve %T tayinleri için atıksular toplanmıştır. Bu prosese ait şema Şekil 3.14'te verilmiştir.

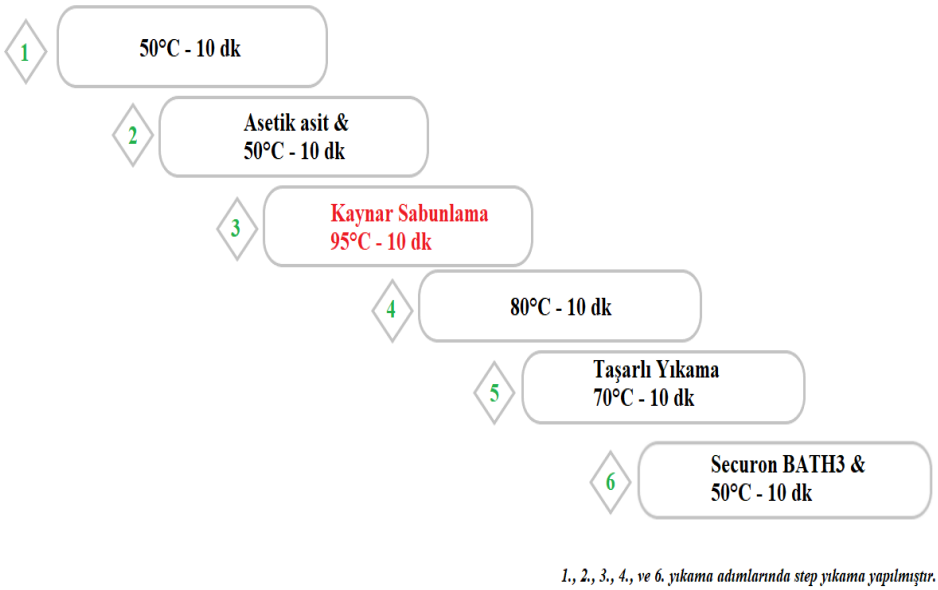


Şekil 3.14. Orta ton için konvansiyonel yıkama prosesi (numune yıkama)

3.2.7. Yenilikçi proses ve teknolojiler kullanarak sabun kullanımının elimine edilmesi

Sıcaklığın artırılması prosesi

Bu kapsamda orta tonda (%1'lik) boyanmış dokuma havlu kumaşların yıkamasının "kaynar sabunlama" adımında işlem sıcaklığı 85°C' den 95°C' ye çıkarılmış ve bu adımda sıcaklık yükseltildiği için sabun kullanımı elimine edilmiştir. Bu yıkama rejime ait şema Şekil 3.15' te verilmiştir.



Şekil 3.15. Orta ton için yapılan yıkamalarda sıcaklık artırımı prosesi (numune yıkama)

Nanobubble teknolojisi kullanılarak uygulanan yıkama prosesi

Oksijen zenginleştirme jeneratöründen geçirilen saf ve yumuşak suyun konvansiyonel yıkama rejiminde, sabun yerine kullanılabilirliği incelenmiştir. İşlemler 85°C' de sabun kullanılmadan yapılmıştır. Altı banyoda da nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf su ya da yumuşak su, yıkama suyu olarak kullanılmıştır. Nanobubble cihazından geçirilen her iki tip suyun da sertliği 1 AS (Alman sertliği) olarak saptanmıştır.

3.2.8. Testler

Boyanmış ve ard yıkamaları tamamlanmış reaktif boyalı dokuma havlu kumaşların yıkama haslıklarında EN ISO 105-C06, sürtme haslığında ise EN ISO-105-X12 standardı kullanılmıştır. Atıksuların KOİ ölçümünde ise ASM 5220-B.Açık Reflux metodu kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Karışım Boyamalara Ait Yıkama Atıksularının Değerlendirilmesi

4.1.1. Araştırılan açık tondaki numunelere ait veriler

İncelenen "122151 somon" ve "132736 gül kurusu" boyamalarının atıksuları belirgin absorbans değerlerini sırasıyla 380 nm ve 505 nm dalga boylarında vermiştir.
Şekil 4.1'de görselleri, Şekil 4.2-4.3 aralığında absorbans ve transmitans eğrileri ve Çizelge 4.1-4.4' aralığında ise UV-VİS Spektro ve haslık sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.1. Sırasıyla "122151 somon" ve "132736 gül kurusu" adlı karışım boyamalarına ait yıkama atıksuları ve kumaşlarına ait görseller

Çizelge 4.1. "122151 somon" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

122151 somon		
Yıkama	abs	%T
1.Banyo	0,16	84,51
2.Banyo	(-0,02)	86,72
3.Banyo	0,03	83,50
4.Banyo	0,07	83,99
5.Banyo	0,05	88,32

Çizelge 4.2. "122151 somon" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

122151 somon	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	5	5	5	5	5	5	5

“122151 somon” karışım boyaması incelendiğinde, ilk banyo haricinde tüm banyoların tekrar kullanılabilir geçirgenlikte olduğu abs ve %T (%83 ve üzeri) değerlerinden gözlemlenmiştir.

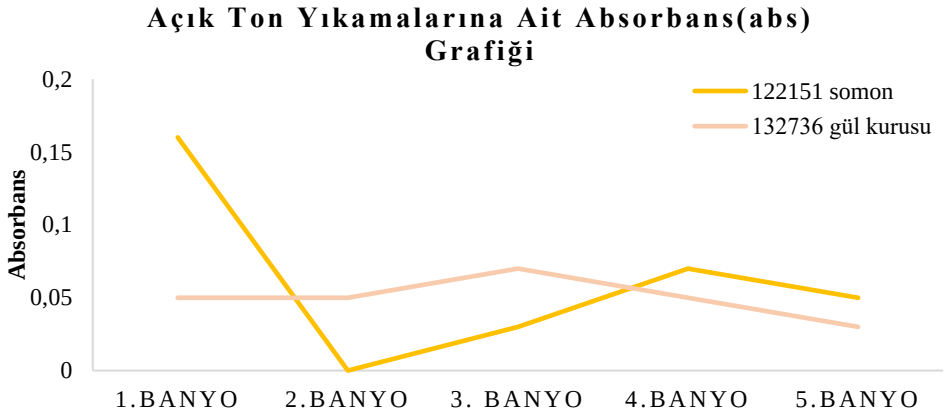
Çizelge 4.3. “132736 gül kurusu” adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

132736 gül kurusu		
Yıkama	abs	%T
1.Banyo	0,05	94,99
2.Banyo	0,05	88,60
3.Banyo	0,07	87,57
4.Banyo	0,05	87,99
5.Banyo	0,03	92,56

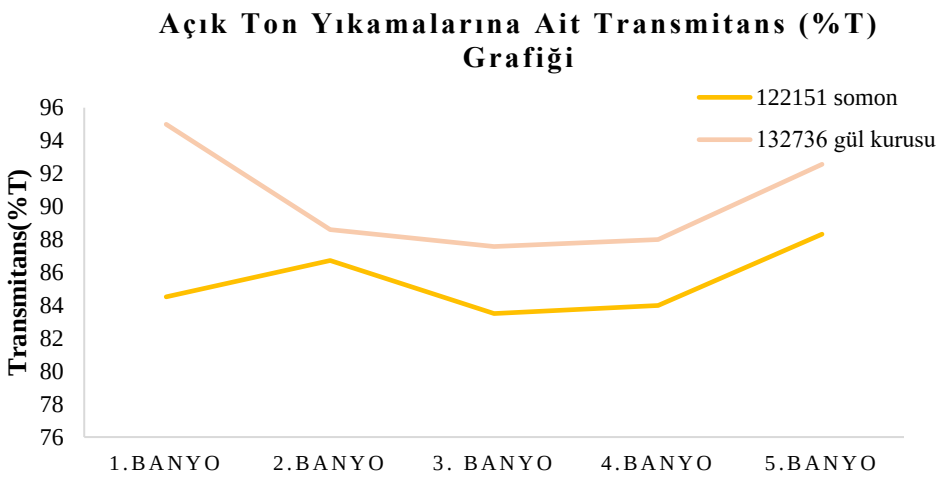
“132736 gül kurusu” adlı karışım boyaması incelendiğinde, difüzyon fazında oluşan kirliliğin taşarlı durulama adımında da devam ettiği tespit edilmiştir. Tüm banyoların durulama atıksularının geçirgenliğinin yüksek olduğu abs ve %T (%87 ve üzeri) değerlerinden gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. “132736 gül kurusu” adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

132736 gül kurusu	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	4/5	5	5	5	5	4/5	5



Şekil 4.2. Araştırılan açık ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği

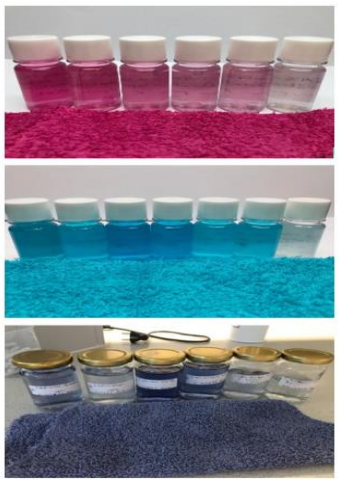


Şekil 4.3. Araştırılan açık ton boyamalarına ait yıkama banyolarının %T grafiği

4.1.2. Araştırılan orta tondaki numunelere ait veriler

İncelenen "135194 super pink", "165214 turquoise" ve "145745 blue" boyamalarının atıksuları belirgin absorbans değerlerini sırasıyla 540 nm, 620 nm ve 590 nm dalga boylarında vermiştir.

Şekil 4.4'te sırasıyla "135194 super pink", "165214 turquoise" ve "145745 blue" çalışmalarına ait yıkama atıksuları ve kumaşlarına ait görselleri, Şekil 4.5-4.6 aralığında absorbans ve transmitans eğrileri ve Çizelge 4.5-4.10 aralığında UV-VİS Spektro ve haslık sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.4. Orta tonda yapılmış karışım boyamalara ait sırasıyla yıkama atıksularının ve kumaş numunelerinin görselleri

Çizelge 4.5. "135194 super pink" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

135194 super pink		
Yıkama	abs	%T
1.Banyo	0,25	55,24
2.Banyo	0,20	65,8
3.Banyo	0,14	72,43
4.Banyo	0,08	81,82
5.Banyo	0,09	82,39
6.Banyo	0,03	82,43

"135194 super pink" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri incelendiğinde, ilk üç durulama banyosunun geçirgenliğinin düşük olduğu öte yandan son üç durulama banyosunun geçirgenlik değerlerinin %80'in üzerinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu banyoların dekolorize edilmeden tekrar kulanılabileceği öngörülmüştür.

Çizelge 4.6. "135194 super pink" adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

135194 super pink	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	5	5	5	5	5	4/5	5

Çizelge 4.7. "165214 turquoise" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

165214 turquoise		
Yıkama	abs	%T
1.Banyo	0,80	15,75
2.Banyo	0,53	27,24
3.Banyo	1,2	5,93
4.Banyo	1	10,97
5.Banyo	0,44	40,57
6.Banyo	0,40	50,44

“165214 turquoise” adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri incelendiğinde, en fazla kirliliğin difüzyon fazındaki sıcaklık ve deterjan etkisiyle sökülen hidrolizatlardan dolayı görüldüğü saptanmıştır. Bu renkte son banyoya dek süren yüksek absorbans ve düşük transmitans değerleri dekolorize edilmeden tekrar kullanım şansını ortadan kaldırmaktadır.

Çizelge 4.8. “165214 turquoise” adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

165214 turquoise	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	3/4	5	5	5	5	4	5

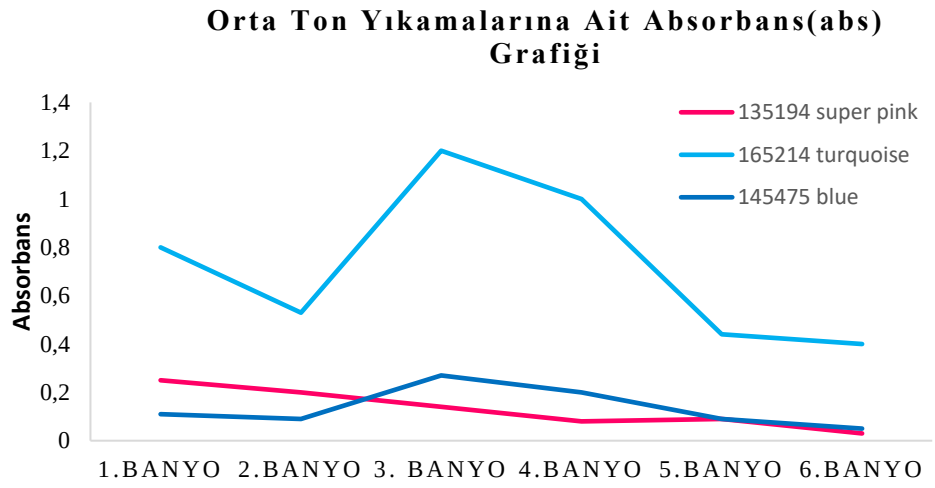
Çizelge 4.9. “145475 blue” adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

145475 blue		
Yıkama	abs	%T
1.Banyo	0,11	62,88
2.Banyo	0,09	80,13
3.Banyo	0,27	60,93
4.Banyo	0,2	76,19
5.Banyo	0,09	74,96
6.Banyo	0,05	86,34

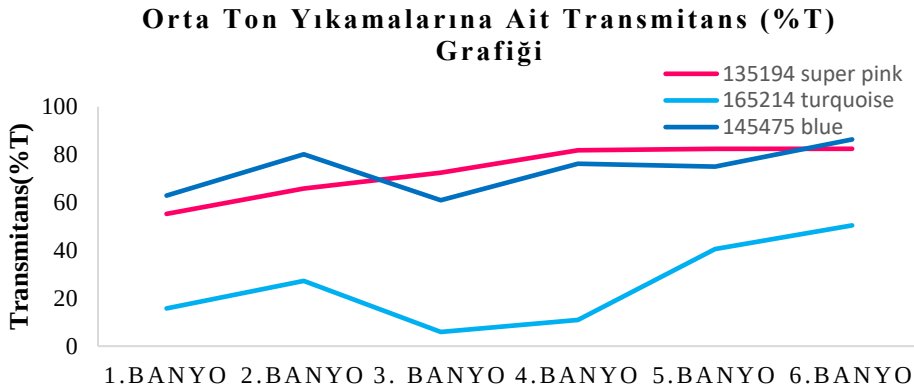
“145475 blue” adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri incelendiğinde, en fazla kirliliğin difüzyon fazındaki sıcaklık ve deterjan etkisiyle sökülen hidrolizatlardan dolayı görüldüğü saptanmıştır.

Çizelge 4.10. “145475 blue” adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

145475 blue	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	4/5	5	5	5	5	5	5



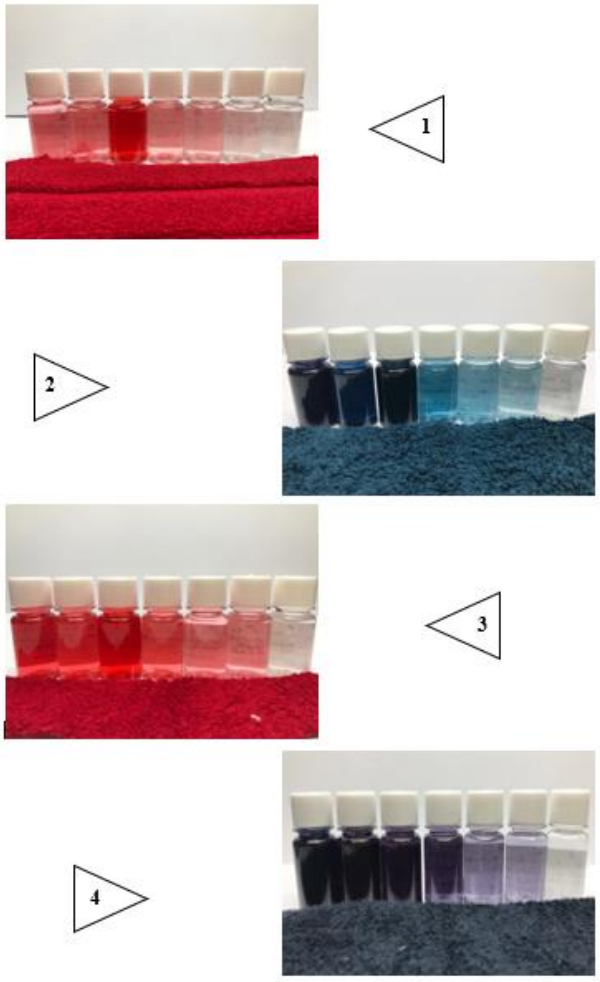
Şekil 4.5. Araştırılan orta ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği



Şekil 4.6. Araştırılan orta ton boyamalarına ait yıkama banyolarının transmitans grafiği

4.1.3. Araştırılan koyu tondaki numunelere ait veriler

İncelenen "142765 red paspas", "160170 navy" ,"142705 red" ve "160210 navy" boyamalarının atıksuları belirgin absorbans değerlerini sırasıyla 505 nm, 595 nm, 505 nm ve 605 nm dalga boylarında vermiştir. Şekil 4.7' de sırasıyla "142765 red paspas", "160170 navy" ,"142705 red" ve "160210 navy" çalışmalarına ait yıkama atıksuları ve kumaşlarına ait görselleri, Şekil 4.8-4.9 aralığında ve Çizelge 4.11-4.18 aralığında ise UV-VİS Spektro ve haslık sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.7. Koyu tonda yapılmış karışım boyamalara ait sırasıyla yıkama atıksularının ve kumaş numunelerinin görselleri

Çizelge 4.11. "142705 red paspas" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

142705 red paspas		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	0,15	70,20
2.Banyo	0,17	67,27
3.Banyo	1,12	8,12
4.Banyo	0,13	76,29
5.Banyo	0,08	85,04
6.Banyo	0,008	98,164
7.Banyo	0	100

“142705 red paspas” adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri incelendiğinde, en fazla kirliliğin difüzyon fazındaki sıcaklık ve deterjan etkisiyle sökülen hidrolizatlardan dolayı görüldüğü düşünülmektedir. Şekil 4.7’ deki ilk görselden de görüldüğü gibi son üç yıkama banyosunun dekolorize edilmeksizin tekrar kullanımı şansı, kademeli olarak (%85-98-100) artan geçirgenlik değerlerinden dolayı yüksektir.

Çizelge 4.12. “142705 red paspas” adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

142705 red paspas	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	4	4/5	5	4/5	5	3/4	4/5

Çizelge 4.13. “160170 navy” adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

160170 navy		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	1,64	2,73
2.Banyo	1,02	9,47
3.Banyo	2,01	0,73
4.Banyo	0,35	41,13
5.Banyo	0,17	71,08
6.Banyo	0,08	83,19
7.Banyo	0	100

“160170 navy ” adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri incelendiğinde, ilk üç banyoda çözeltideki hidrolizatlardan dolayı geçirgenliğin düşük olduğu görülmüştür. Yine burada da en düşük geçirgenlik kaynar sabunlama banyolarındadır. Şekil 4.7’ deki ilk görselden de görüldüğü gibi son iki banyosunun dekolorize edilmeksizin tekrar kullanımı şansı, kademeli olarak (%83-100) artan geçirgenlik değerlerinden dolayı yüksektir.

Çizelge 4.14. “160170 navy” adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

160170 navy	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	4/5	5	5	5	5	3/4	4/5

Çizelge 4.15. "142705 red" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

142705 red		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	0,16	23,42
2.Banyo	0,53	29,30
3.Banyo	1,21	6
4.Banyo	0,39	41,04
5.Banyo	0,16	64,16
6.Banyo	0,13	73,44
7.Banyo	0	98,42

"142705 red" adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri incelendiğinde, üçüncü banyodaki kirliliğin sıcaklık ve deterjan etkisiyle sökülen hidrolizatlardan dolayı maksimum olduğu düşünülmektedir. Sadece son durulama banyosunun; %T değeri yüksektir.

Çizelge 4.16. 142705 red adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

142705 red	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	4	5	5	4/5	5	3/4	5

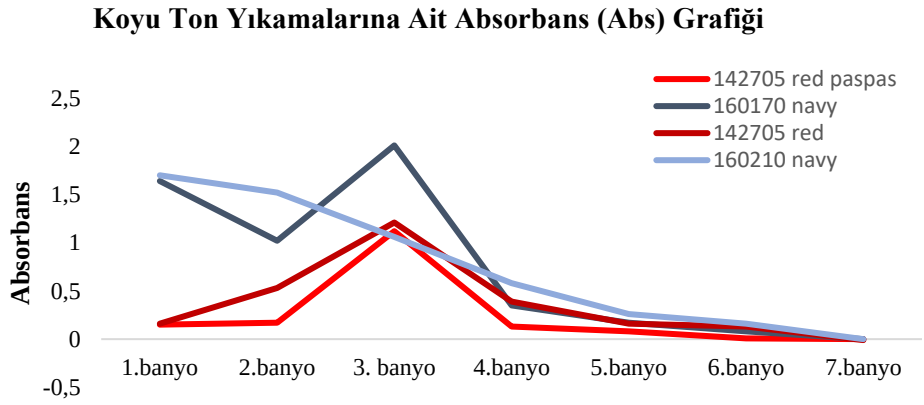
Çizelge 4.17.160210 navy adlı karışım boyamasına ait abs ve %T değerleri

160210 navy		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	1,70	1,85
2.Banyo	1,52	2,96
3.Banyo	1,06	8,72
4.Banyo	0,58	29,14
5.Banyo	0,26	61,62
6.Banyo	0,16	71,47
7.Banyo	0	94,99

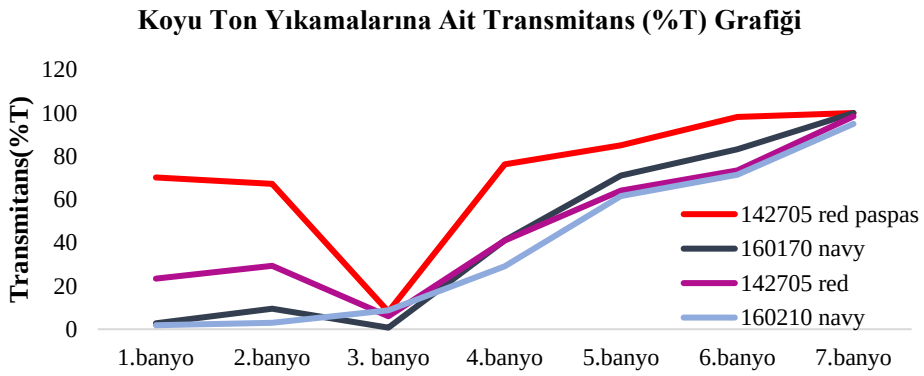
“160210 navy” adlı karışım boyamasına ait atıksu banyoları incelendiğinde yüzeyden sökülen hidrolizat miktarının ilk üç banyoda yüksek olduğu, sonrasında ise kademeli düşüş gösterdiği görülmektedir. Bu absorbanslardaki düşüş için, üçüncü ve dördüncü banyolardaki kaynar sabunlama adımlarından sonra yüzeydeki hidrolizat miktarının hızla azaldığı görülmüştür. Sadece son durulama (7. banyo) banyosunun geçirgenliği %80’lerin üzerindedir.

Çizelge 4.18. 160210 navy adlı karışım boyamasına ait kumaşın haslık değerleri

160210 navy	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Değerler	5	4/5	4/5	5	5	5	3/4	4/5



Şekil 4.8. Araştırılan koyu ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği



Şekil 4.9. Araştırılan koyu ton boyamalarına ait yıkama banyolarının abs grafiği

4.1.4. Karışım boyamalara ait yıkama atıksularının değerlendirilmesi

UV-VİS Spektrofotometre cihazı ile reaktif boyama işlemi sonrası yapılan açık-orta-koyu tonlara ait yıkama işlemlerinin atıksularına ait abs ve %T değerlerinden, boyarmadde yüzdesi arttıkça banyolara geçen hidrolizat miktarının da arttığı belirlenmiştir.

Genel olarak, en kirli banyoların 1. Yerdeğiştirme fazına ait olan ilk yıkama banyoları ile Difüzyon fazına ait olan sabunlama banyolarının olduğu saptanmıştır. Bu durum literatürden beklenen davranış ile uyumluluk göstermektedir. Özellikle bu tespit orta tonda boyamalar için doğrudur. Geçirgenlikleri yüksek olan son 2 yıkama banyosu yeniden yıkama banyosu olarak kullanılabilir.

Koyu tonlarda bu durum tam olarak tespit edilememekte, 1. Yerdeğiştirme fazı ve difüzyon fazındaki (sabunlama banyoları) banyoların birbirine geçiş yaptığı, tüm banyoların yoğun kirlilik içerdiği görülmektedir. Küçük moleküllülerde son 2 banyo, büyük moleküllülerde ise en azından son yıkama banyosunun kullanılabileceği görülmüştür. Öte yandan Turkuaz gibi boyarmaddelerle yapılan boyamalardan sonraki yıkama banyoları yoğun kirlilik içermektedir ve %T geçirgenlik değerleri tüm banyolarda %80'in altında kalmaktadır.

Açık ton boyamalarda ise genel olarak sadece difüzyon fazında (sabunsuz 85°C) kirlilik görülmekle beraber bu banyoların bile %T geçirgenlik değerleri özellikle somon ve gülkurusu gibi renkler için %80'lerin üzerine çıkabilmektedir. Diğer durulama banyolarının kirlilik yükünün çok düşük olduğu değerlendirilmiştir.

Reaktif boyalı kumaş numunelerinin yıkama ve sürtme haslıkları değerlendirildiğinde ise artan boyarmadde yüzdesi ile haslık değerlerinde düşüş tespit edilmekle beraber genel olarak 4-5 seviyelerindedir (Turkuaz hariç) ve en yüksek haslıkların bifonksiyonel karışım boyamalarında görüldüğü saptanmıştır.

4.2. Dekolorize Edilmeden Tekrar Kullanılan Yıkama Banyolarının Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi

Bir önceki bölümde transmitans eğrileri değerlendirilerek tekrar kullanılmasına karar verilen yıkama banyoları alınarak bir sonraki boyamanın yıkamalarında ilk yıkama banyoları olarak kullanılmıştır. Aynı yıkama rejimleri uygulanmıştır. Bu örnekler normal yıkama prosedürü ile yıkanan örneklerle karşılaştırılmıştır.

Aşağıda konvansiyonel yıkama ve tekrar kullanılan yıkama suları ile yapılan alternatif yıkama rejimi ile yıkanmış örneklerin yıkama ve sürtme haslıkları verilmektedir.

4.2.1. Açık ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları

1) 175518 grey

Açık tonda çalışılan ve atıksu geri kazanımı değerlendirilecek olan “175518 grey” adlı boyamanın konvansiyonel yıkama işleminde, incelenen yıkama atıksularının belirgin absorbans değerleri 380 nm dalga boyunda incelenmiş olup, UV- VİS Spektro değerleri ve iki farklı proses arasındaki haslık değişimi Çizelge 4.19-4.20’ da ve konvansiyonel yıkama prosesine ait görsel ise Şekil 4.10’ da verilmiştir. Şekil 4.13-4.14 aralığında ise konvansiyonel yıkama işlemi atıksularının absorbans ve transmitans eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.10. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “175518 grey” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli

Çizelge 4.19. "175518 grey" adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri

175518 grey		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	0,01	97,35
2.Banyo	0,05	71,59
3.Banyo	0,09	65,46
4.Banyo	0,05	88,22
5.Banyo	0,02	95,11

Çizelge 4.20. Atıksuları yeniden kullanılan "175518 grey" adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları

175518 grey	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Konvansiyonel Yıkama	5	5	5	5	5	5	5	5
Atık Su Yıkama	5	5	5	5	5	5	4/5	5

Araştırılan açık tonda yıkama çalışmalarından, "175518 grey" adlı karışım boyamasına ait değerler incelendiğinde, yıkama haslıklarında bir fark gözlemlenmezken, yaş sürtme haslığında ½ puan düşüş gözlemlenmiştir.

2) 62777 duck egg

Açık tonda çalışılan ve atıksu geri kazanımı değerlendirilecek olan "162777 duck egg" adlı boyamanın konvansiyonel yıkama işleminde, incelenen yıkama atıksularının belirgin absorbans değerleri 380 nm dalga boyunda incelenmiş olup, UV- VİS Spektro değerleri ve iki farklı proses arasındaki haslık değişimi Çizelge 4.21-4.22'de ve konvansiyonel yıkama prosesine ait görsel ise Şekil 4.12' de verilmiştir. Şekil 4.13-4.14 aralığında ise konvansiyonel yıkama işlemi atıksularının absorbans ve transmitans eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.12. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “162777 duck egg” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli

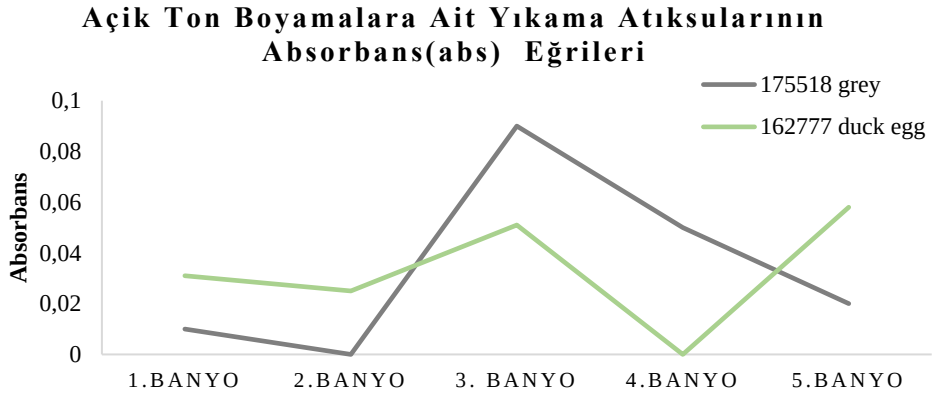
Çizelge 4.21.“162777 duck egg” adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri

162777 duck egg		
	abs	%T
1	0,031	94,006
2	0,025	94,344
3	0,051	88,973
4	0,043	89,374
5	0,058	86,441

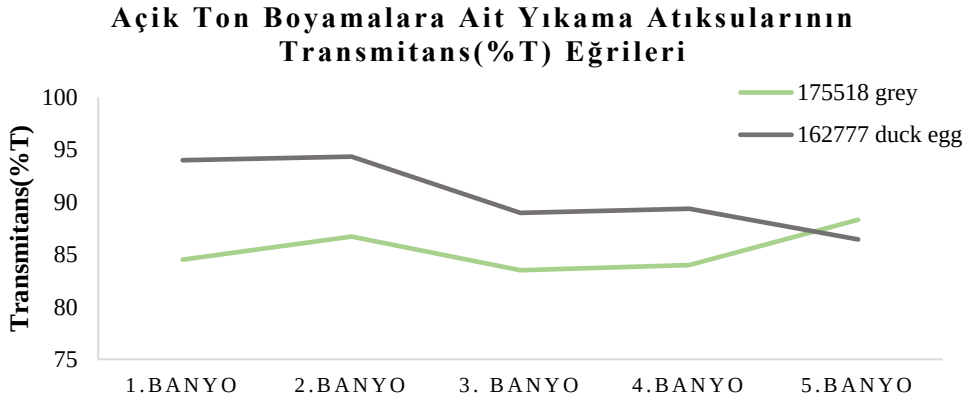
Çizelge 4.22. Atıksuları yeniden kullanılan “175518 grey” adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları

162777 duck egg	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Konvansiyonel Yıkama	5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
Atık Su Yıkama	5	4/5	5	5	5	5	5	5

Araştırılan açık tonda yıkama çalışmalarından, “162777 duck egg” adlı karışım boyamasına ait değerler incelendiğinde, yıkama haslıklarında bir fark gözlemlenmezken, yaş sürtme haslığında ½ puan iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.13. Açık tonda yapılan boyamalarda, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri



Şekil 4.14. Açık tonda yapılan boyamalarda, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri

4.2.2. Orta ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları

1) 120303 yellow

Orta tonda çalışılan ve atıksu geri kazanımı değerlendirilecek olan “120303 yellow” adlı boyamanın konvansiyonel yıkama işleminde, incelenen yıkama atıksularının belirgin absorbans değerleri 420 nm dalga boyunda incelenmiş olup, UV- VİS Spektro değerleri ve iki farklı proses arasındaki haslık değişimi Çizelge 4.23-4.24’te ve konvansiyonel yıkama prosesine ait görsel ise Şekil 4.15’ te verilmiştir. Şekil 4.17-4.18 aralığında ise konvansiyonel yıkama işlemi atıksularının absorbans ve transmitans eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.15. Atıksularının tekrar kullanımı denenen “120303 yellow” adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli

Çizelge 4.23. “120303 yellow” adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri

120303 yellow		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	0,27	48,63
2.Banyo	0,36	52,40
3.Banyo	0,78	24,75
4.Banyo	0,78	16,05
5.Banyo	0,40	42,38
6.Banyo	0,12	81,04

Çizelge 4.24. Atıksuları yeniden kullanılan “120303 yellow” adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları

120303 yellow	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Konvansiyonel Yıkama	5	4	5	5	5	5	4	5
Atık Su Yıkama	5	3	5	5	4/5	5	4/5	5

Araştırılan orta tonda yıkama çalışmalarından, “120303 yellow” adlı karışım boyamasına ait değerler incelendiğinde, yıkama haslıklarında CO için 1 ve PAN için ½ puan düşüş gözlemlenirken, yaş sürtme haslığında ½ puan iyileşme gözlemlenmiştir.

2) 145414 wishfulblue

Orta tonda çalışılan ve atıksu geri kazanımı değerlendirilecek olan “145414 wishfulblue” adlı boyamanın konvansiyonel yıkama işleminde, incelenen yıkama atıksularının belirgin

absorbans değerleri 425 nm dalga boyunda incelenmiş olup, UV- VİS Spektro değerleri ve iki farklı proses arasındaki haslık değişimi Çizelge 4.25-4.26'da ve konvansiyonel yıkama prosesine ait görsel ise Şekil 4.16' de verilmiştir. Şekil 4.17-4.18 aralığında ise konvansiyonel yıkama işlemi atıksularının absorbans ve transmitans eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.16. Atıksularının tekrar kullanımı denenen "145414 wishfulblue" adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli

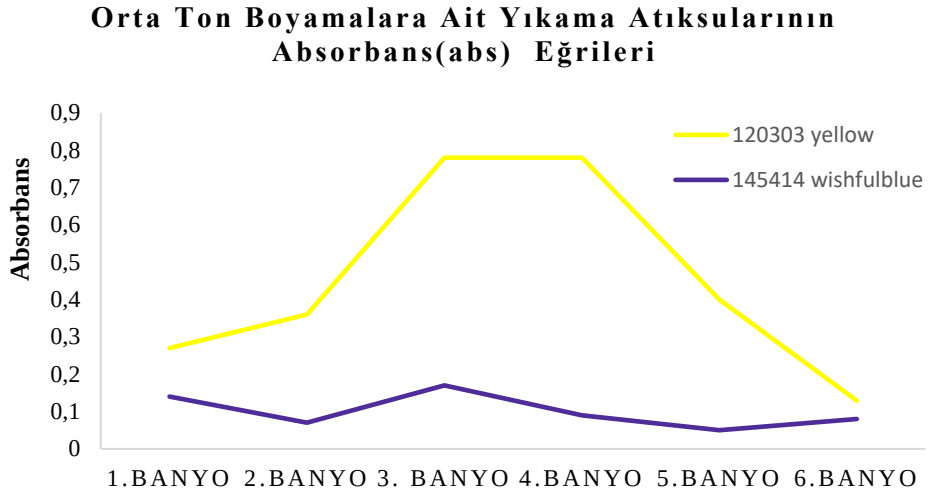
Çizelge 4.25. "145414 wishfulblue" adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri (1-6 yıkama banyoları)

145414 wishfulblue		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	0,14	64,61
2.Banyo	0,07	84,74
3.Banyo	0,17	66,97
4.Banyo	0,09	73,62
5.Banyo	0,05	88,21
6.Banyo	0,08	98,86

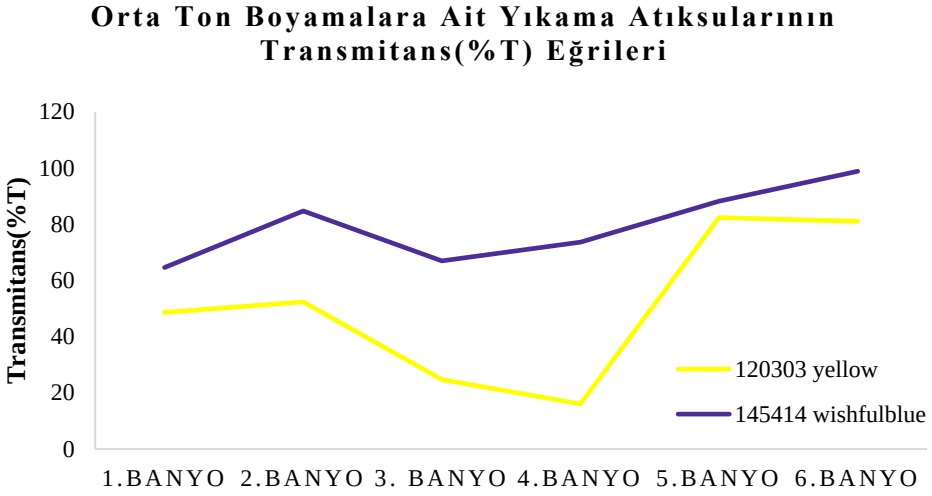
Çizelge 4.26. Atıksuları yeniden kullanılan "145414 wishfulblue" adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları

145414 wishfulblue	**Yıkama**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Konvansiyonel Yıkama	5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
Atık Su Yıkama	5	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5

Araştırılan orta tonda yıkama çalışmalarından, “145414 wishfulblue” adlı karışım boyamasına ait değerler incelendiğinde, yıkama haslıklarında bir fark gözlemlenmezken, kuru sürtme haslığında ½ puan düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 4.17. Orta tonda yapılan boyamalar için, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri

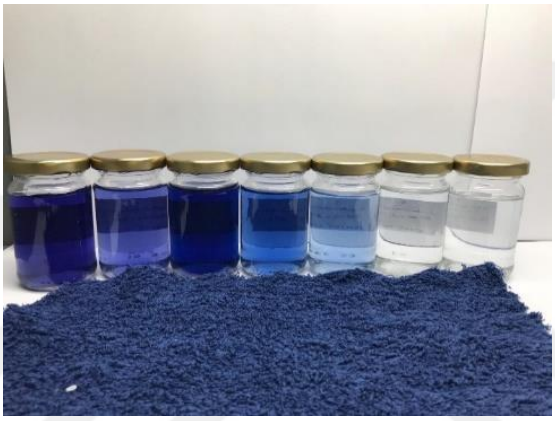


Şekil 4.18. Orta tonda yapılan boyamalar için, atıksularının tekrar kullanımının değerlendirildiği yıkamalar için absorbans eğrileri

4.2.3. Koyu ton yıkama prosesinde atıksu geri kazanımı uygulamaları

1) 160165 navy

Koyu tonda çalışılan ve atıksu geri kazanımı değerlendirilecek olan "160165 navy" adlı boyamanın konvansiyonel yıkama işleminde, incelenen yıkama atıksularının belirgin absorbans değerleri 555 nm dalga boyunda incelenmiş olup, UV- VİS Spektro değerleri ve iki farklı proses arasındaki haslık değişimi Çizelge 4.27-4.28'de ve konvansiyonel yıkama prosesine ait görsel ise Şekil 4.19'de verilmiştir. Şekil 4.20-4.21 aralığında ise konvansiyonel yıkama işlemi atıksularının absorbans ve transmitans eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.19. Atıksularının tekrar kullanımı denenen "160165 navy" adlı karışım boyamasına ait, yıkama atıksuları görseli

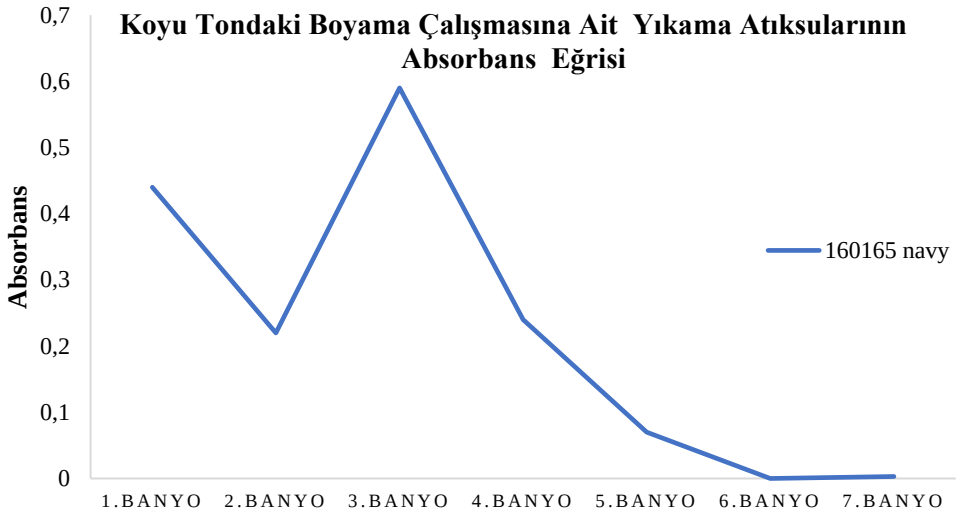
Çizelge 4.27. "160165 navy" adlı karışım boyamasına ait yıkama atıksularının absorbans ve transmitans değerleri

160165 navy		
Yıkama	Abs	%T
1.Banyo	0,44	34,85
2.Banyo	0,22	60,33
3.Banyo	0,59	25,30
4.Banyo	0,24	57,01
5.Banyo	0,07	83,10
6.Banyo	(-0,003)	99
7.Banyo	0,003	92

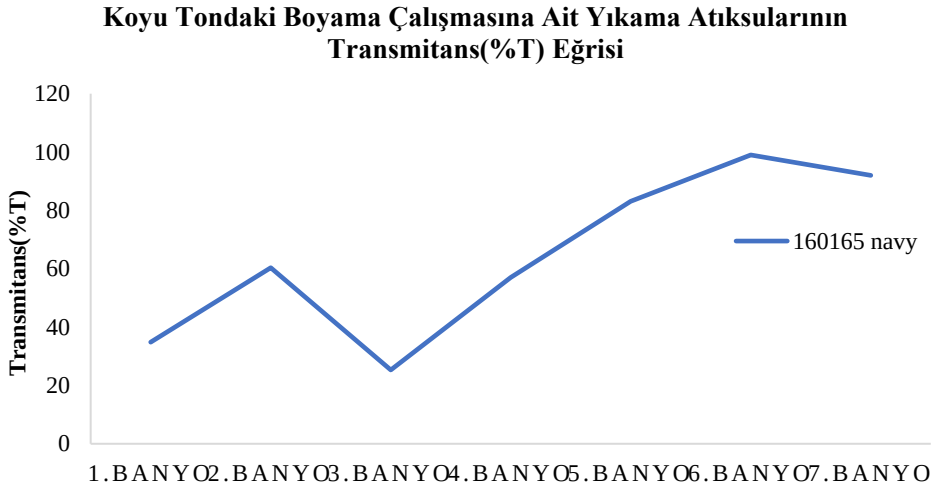
Çizelge 4.28. Atıksuları yeniden kullanılan "160165 navy" adlı karışım boyamasına ait yıkama ve sürtme haslıkları

160165 navy	Yıkama Haslığı						Sürtme Haslığı	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Konvansiyonel Yıkama	5	4/5	4/5	5	4/5	5	4	4/5
Atık Su Yıkama	5	4/5	4/5	5	4/5	5	3/4	4/5

Araştırılan koyu tonda yıkama çalışmalarından, "160165 navy" adlı karışım boyamasına ait değerler incelendiğinde, yıkama haslıklarında bir fark gözlemlenmezken, yaş sürtme haslığında ½ puan düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 4.20. Koyu tonda yapılan "160165 navy" boyamasının, yıkama atıksularının absorbans eğrisi



Şekil 4.21. Koyu tonda yapılan "160165 navy" boyamasının, yıkama atıksularının transmitans eğrisi

Genel olarak tüm tonlarda konvansiyonel yıkama ve dekolorize edilmeden kullanılan son yıkama banyoları çözeltileri ile yapılan, alternatif yıkama rejimleri arasında en çok ½ puan dışında (o da tek bir refakat bezında veye yaş/kuru sürtme değerinde) haslıklarda bir fark görülmemiştir. Orijinal numuneyle renk farklılığı saptanmamıştır. Renk farklılıkları ile ilgili spektrofotometre okumaları Eklerde verilmiştir.

4.3. Reaktif Grup Sayılarına Göre Boyarmaddelerin, Yıkama Banyosundaki Kirlilik Oranlarının Değerlendirilmesi

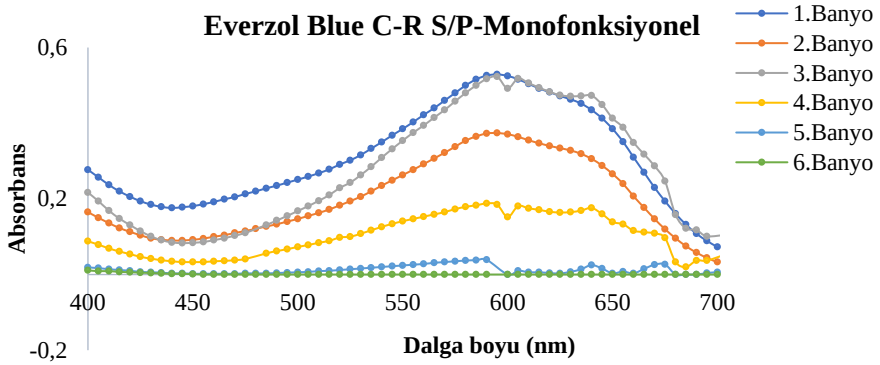
İşletmede kullanılan boyarmaddelerin %81' i bifonksiyonel, %11' i trifonksiyonel ve %8'inin monofonksiyonel olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada monofonksiyonel *Everzol Blue CR-S/P*, bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* ve trifonksiyonel *Kimsoline Navy Blue KBD CONC*. Boyarmaddeleri ile %1'lik boyamalar yapılmış, ard yıkamalarında ise standart işletme yıkama prosesi uygulanmıştır. Çizelge 4.29 ve Şekil 4.23-4.29 aralığında farklı reaktif grup sayısına sahip boyarmadde ile yapılan boyamalardan sonra yapılan yıkama banyolarının absorbans ve transmitans değerleri gösterilmiştir. İncelenen mono-bi-tri-fonksiyonel atıksu numunelerinin görseli Şekil 4.22' de verilmiştir.



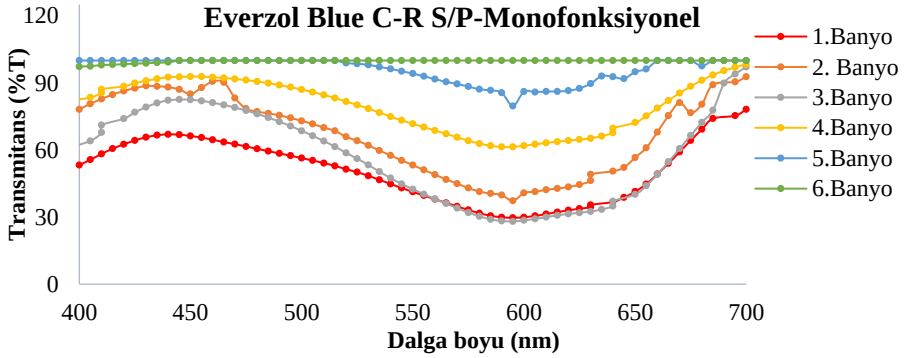
Şekil 4.22. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalı numunelerin yıkama atıksularına ait görsel

Çizelge 4.29. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalar ile çalışılmış yıkama banyolarının (1-6), absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması

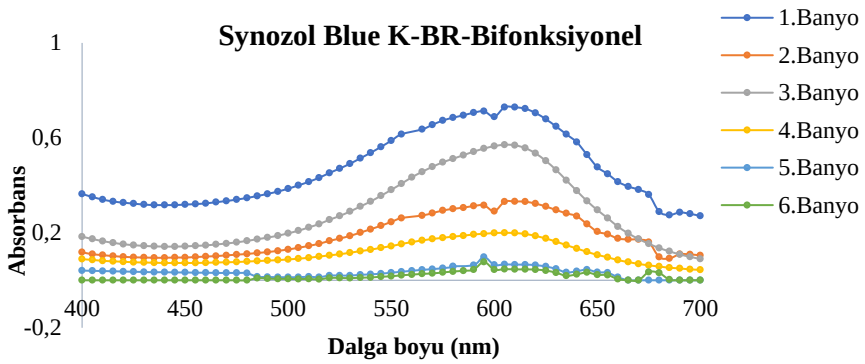
Karşılaştırma Yıkama	Everzol Blue C-R S/P (Monofonksiyonel)		Synozol Blue KBR (Bifonksiyonel)		Kimsoline Navy Blue (Trifonksiyonel)	
	Abs	%T	Abs	%T	Abs	%T
1.Banyo	0,51	30	0,71	17,7	1,04	8,38
2.Banyo	0,37	41	0,31	42,07	0,28	51,69
3.Banyo	0,5	28	0,54	27,8	0,38	41,5
4.Banyo	0,18	61	0,19	63,6	0,12	74,31
5.Banyo	0,01	86	0,09	91,9	0,014	96,09
6.Banyo	0	86	0,07	96	0,002	100



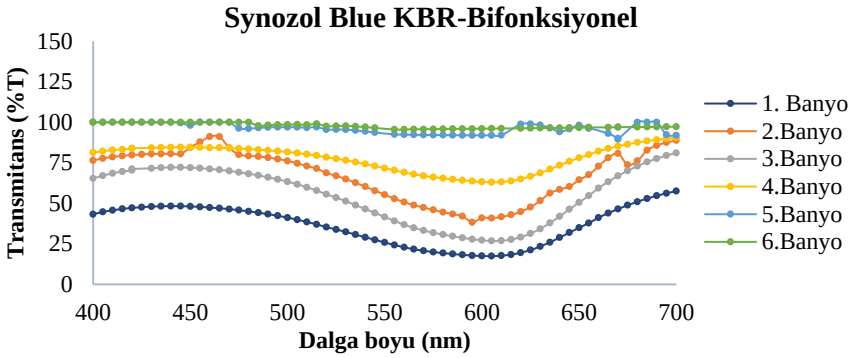
Şekil 4.23. Monofonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının absorbans eğrileri



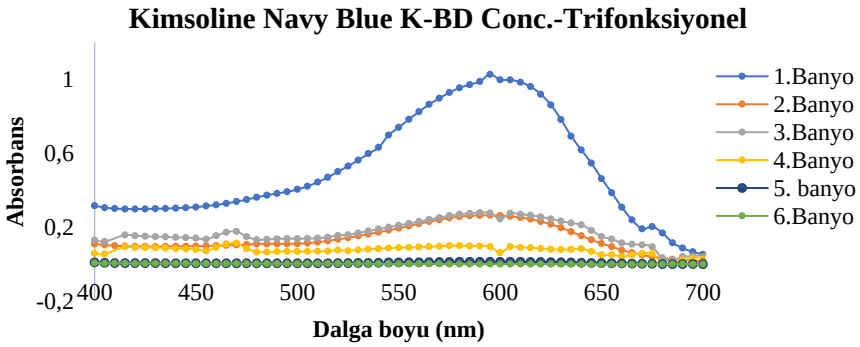
Şekil 4.24. Monofonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının transmitans eğrileri



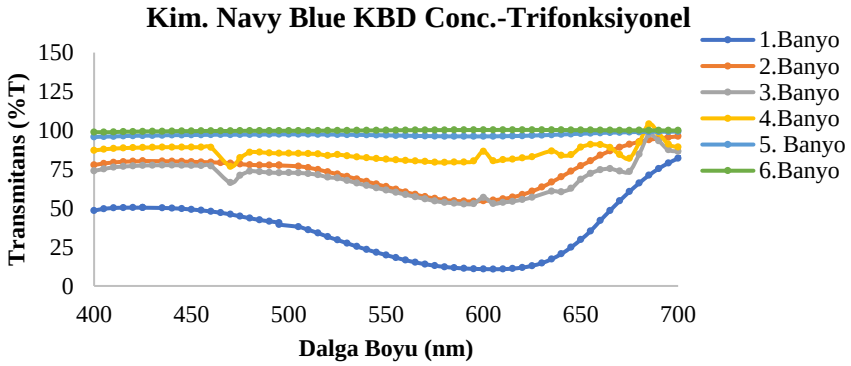
Şekil 4.25. Bifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının absorbans eğrileri



Şekil 4.26. Bifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının transmitans eğrileri



Şekil 4.27. Trifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının absorbans eğrileri



Şekil 4.28. Trifonksiyonel reaktif boyama işlemi sonrası yıkama banyolarının transmitans eğrileri

Kimsoline Navy Blue KBD CONC., *Synozol Blue KBR* ve *Everzol Blue CR-S/P* boyarmaddeleri en yüksek absorbans değerini 605 nm dalga boyunda vermiştir.

Trifonksiyonel boyarmaddelerde, banyolara göre yüzeyden arındırılan hidrolizat miktarı kademeli azalırken, diğer grup boyarmaddelerde üçüncü banyoda yüzeyden arındırılan hidrolizat miktarında ilk banyodaki kadar hidrolizat gözlemlenmiştir. Bu da trifonksiyonel boyarmaddelerin son banyolarının kullanım kapasitesini arttırmaktadır.

Monofonksiyonel boyarmaddelerden, trifonksiyonel boyarmaddelere doğru giderken son üç yıkama banyosunda transmitans değerleri giderek artmıştır. Sırasıyla dördüncü yıkama banyosunda (61,9 → 63,6 → 74,31), beşinci yıkama banyosunda (86 → 91,9 → 96,09), altıncı yıkama banyosunda (86 → 96 → 100) olmuştur.

Şekil 4.29' da incelenen kumaş numuneleri, Çizelge 4.30'da ise bu numunelerin haslık değerleri verilmiştir.



Şekil 4.29. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalı kumaşlara ait görsel

Çizelge 4.30. Mono-bi-tri-fonksiyonel reaktif boyalar ile boyanmış pamuk havlu kumaşların yıkama ve sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Karşılaştırma	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Monofonksiyonel	5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5
Bifonksiyonel	5	4/5	5	5	4/5	4/5	4	4/5
Trifonksiyonel	5	4/5	5	5	4/5	5	4/5	5

Haslıklardaki değişim ise reaktif boyarmaddenin reaktif grup sayısıyla doğru orantıda olmuştur. En kötü haslık değerleri monofonksiyonel boyarmaddede gözlemlenmiştir.

4.4. Yenilikçi Proses ve Teknolojiler Kullanarak Sabun Kullanımının Elimine Edilmesi

Bu kapsamda boyalı dokuma havlu kumaşların "kaynar sabunlama" adımında işlem sıcaklığı 95°C' ye çıkarılmış ve bu adımda sıcaklık yükseltildiği için sabun kullanımı elimine edilmiştir.

4.4.1. Sıcaklığın artırılması prosesi

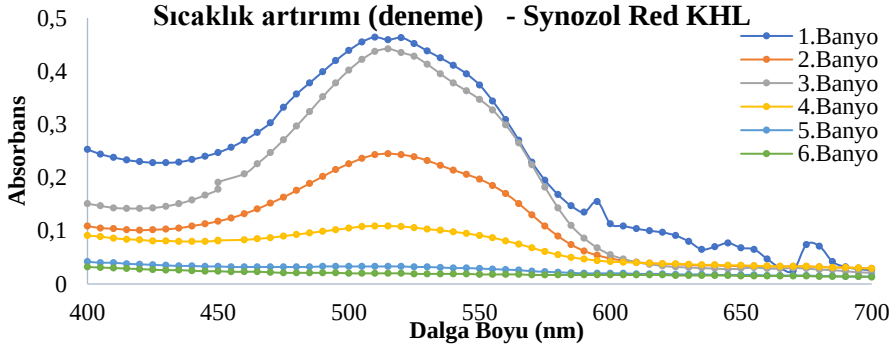
Bu çalışmada kullanan bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* ve *Synozol Red KHL* ve monofonksiyonel *Itofix Turquoise* boyarmaddeleriyle boyanmış pamuklu havlu kumaş numunelerinin, sabunsuz yıkama banyolarının sıcaklığı 10°C artırılmıştır. UV-VIS Spektro sonuçları ve atıksuların görselleri, Şekil 4.30-4.42' te ve Çizelge 4.31- 4.33'te verilmiştir.*Synozol Red*, *Synozol Blue* ve *Itofix Turquoise* en yüksek absorbans değerlerini sırasıyla 505-605-615 nanometrelerde vermiştir.



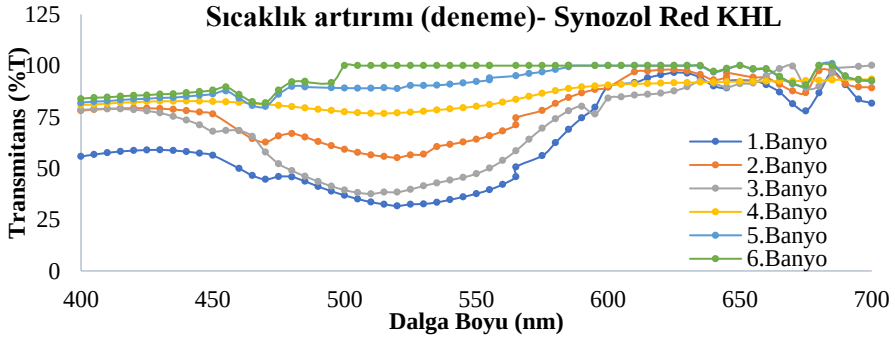
Şekil 4.30. Konvansiyonel (işletme standartları) ve aynı prosesin difüzyon fazında 95°C' de yıkama yapılarak elde edilen çözeltileri

Çizelge 4.31. Bifonksiyonel Synozol Red KHL boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama ve sıcaklık artırımına bağlı sabunsuz yıkama çalışması sonrası elde edilen atıksuların absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması

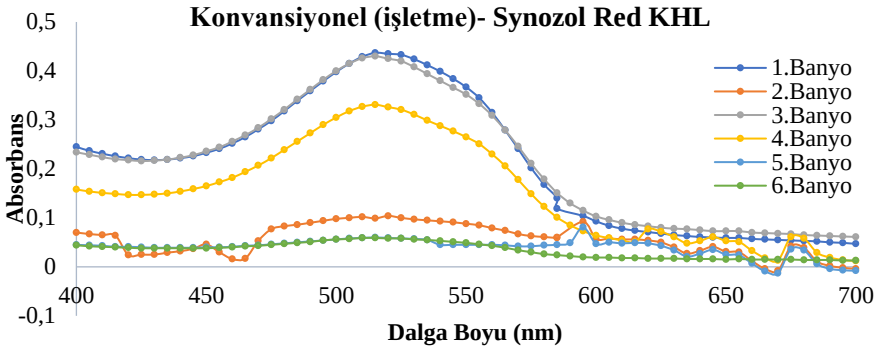
Synozol Red KHL	Sıcaklık Artırımı (deneme)		Konvansiyonel (işletme)	
	Abs	%T	Abs	%T
1.Banyo	0,45	35	0,41	38,4
2.Banyo	0,23	57,6	0,1	77
3.Banyo	0,42	38,01	0,41	38,3
4.Banyo	0,1	77,05	0,31	48,8
5.Banyo	0,03	88,9	0,05	87,4
6.Banyo	0,02	91,7	0,05	87,6



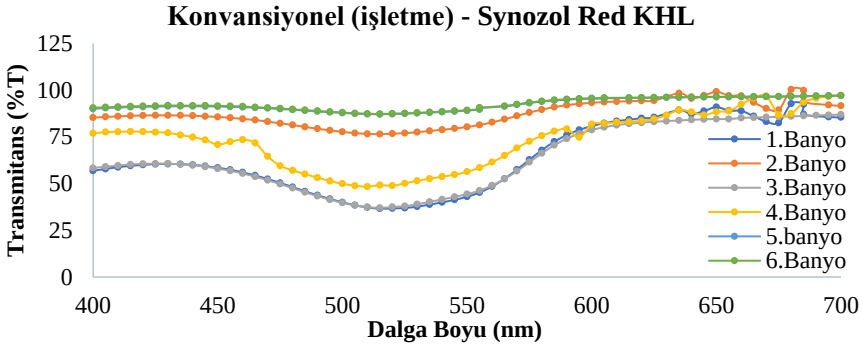
Şekil 4.31. Bifonksiyonel *Synozol Red KHL* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemindeki kaynar sabunlama adımının sıcaklığının artırımı sonrası elde edilen absorbans eğrisi



Şekil 4.32. Bifonksiyonel Synozol Red KHL boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen transmitans eğrisi



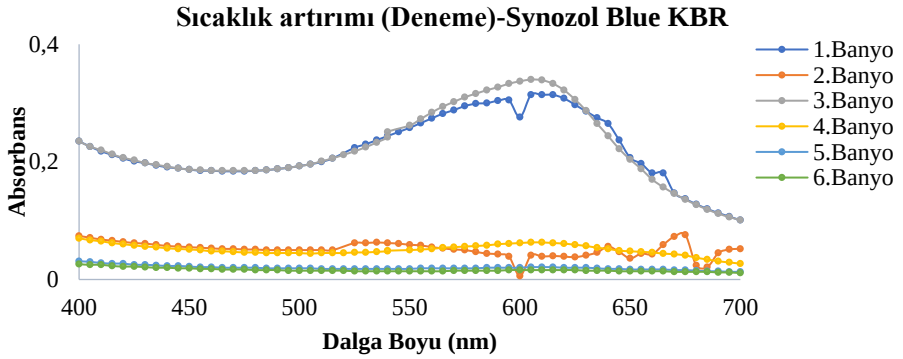
Şekil 4.33. Bifonksiyonel *Synozol Red KHL* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlem sonrası elde edilen absorbans eğrisi



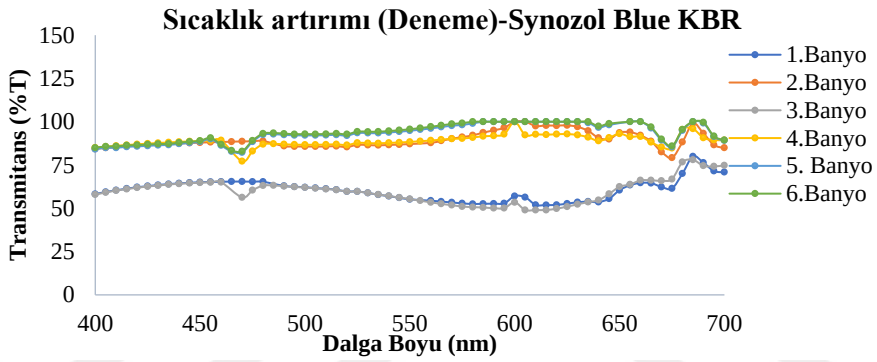
Şekil 4.34. Bifonksiyonel *Synozol Red KHL* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen transmitans eğrisi

Çizelge 4.32. Bifonksiyonel Synozol Blue KBR boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama ve sıcaklık artırımına bağlı sabunsuz yıkama çalışması sonrası elde edilen atıksuların absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması

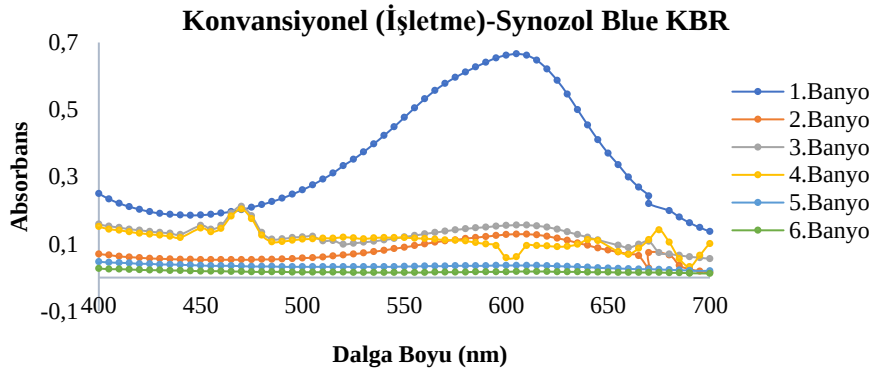
Synozol Blue KBR	**Sıcaklık Artırımı (deneme)**		**Konvansiyonel (işletme)**	
	Abs	%T	Abs	%T
1.Banyo	0,30	52,86	0,65	24,16
2.Banyo	0,03	96,48	0,12	80,88
3.Banyo	0,33	50,08	0,15	70,23
4.Banyo	0,06	92,77	0,09	75,32
5.Banyo	0,02	95	0,03	91,93
6.Banyo	0,016	100	0,017	96



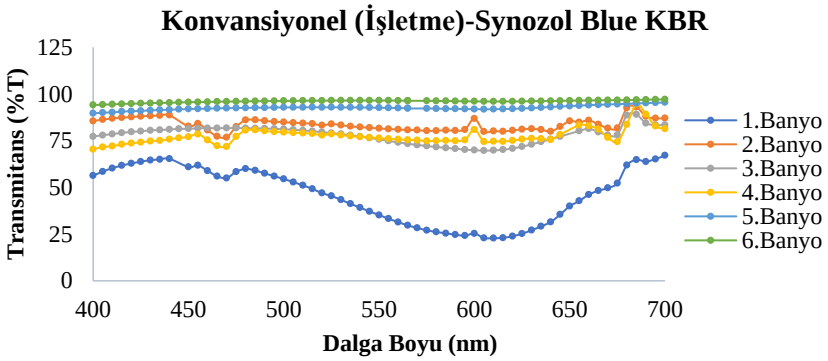
Şekil 4.35. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemindeki kaynar sabunlama adımının sıcaklığının artırımı sonrası elde edilen absorbans eğrisi



Şekil 4.36. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemindeki kaynar sabunlama adımının sıcaklığının artırımı sonrası elde edilen transmitans eğrisi



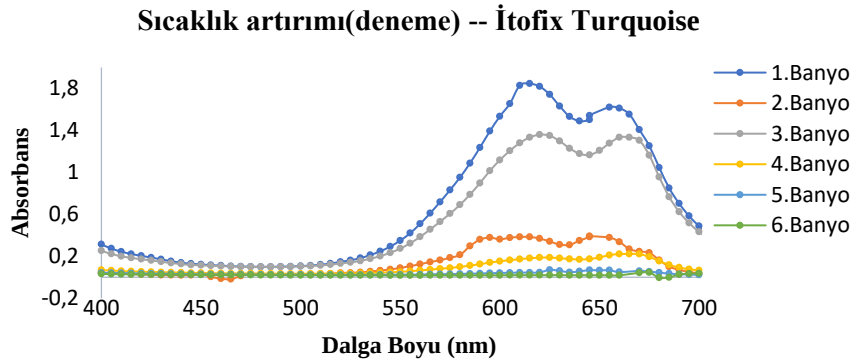
Şekil 4.37. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen absorbans eğrisi



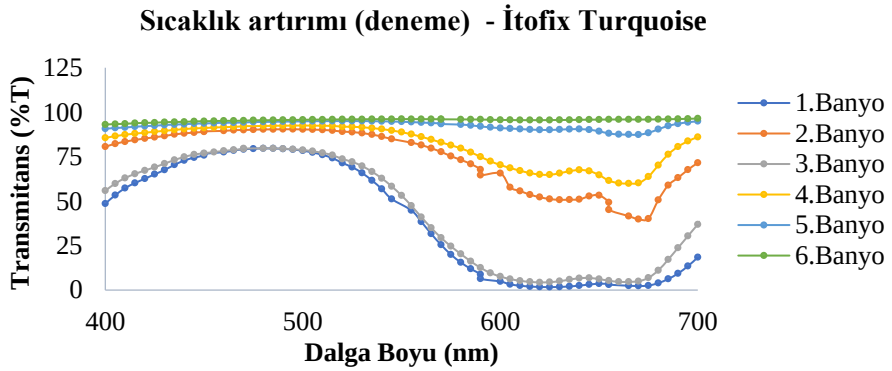
Şekil 4.38. Bifonksiyonel *Synozol Blue KBR* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama işlemi sonrası elde edilen transmitans eğrisi

Çizelge 4.33. Monofonksiyonel *Itofix turquoise* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama ve sıcaklık artırımına bağlı sabunsuz yıkama çalışması sonrası elde edilen atıksuların absorbans ve transmitans değerlerinin karşılaştırılması

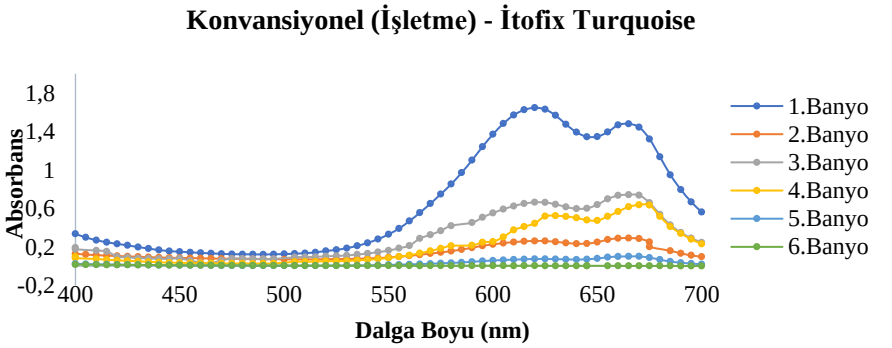
Itofix Turquoise	**Sıcaklık Artırımı (deneme)**		**Konvansiyonel (işletme)**	
	Abs	%T	Abs	%T
1.Banyo	1,84	1,75	1,62	2,86
2.Banyo	0,38	53,6	0,25	55,28
3.Banyo	1,33	4,62	0,65	20,33
4.Banyo	0,18	65,8	0,51	29,56
5.Banyo	0,04	90,25	0,072	91,67
6.Banyo	0,02	95,53	0,05	98,80



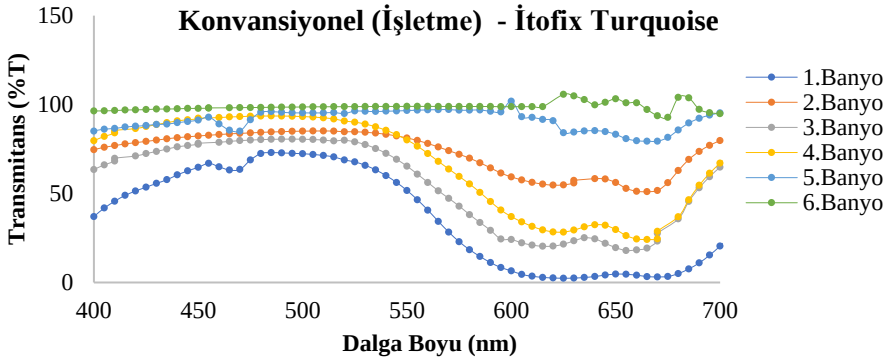
Şekil 4.39. Monofonksiyonel *Itofix turquoise* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen absorbans eğrisi



Şekil 4.40. Monofonksiyonel *Itofix turquoise* boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen transmitans eğrisi



Şekil 4.41. Monofonksiyonel Itofix turquoise boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen absorbans eğrisi



Şekil 4.42. Monofonksiyonel Itofix Turquoise boyalı kumaşların, konvansiyonel yıkama sonrası elde edilen transmitans eğrisi

Difüzyon basamağı 95°C olarak değiştirilen deneme prosesinde *Synozol Blue KBR* ve *Itofix Turquoise* boyarmaddelerinde yaklaşık iki kat hidrolizat, lif üzerinden yıkama çözeltisine geçmiştir. Ancak *Synozol Red KHL* boyalı numunelerin yıkama çözeltilerinde bir fark gözlemlenmemiştir.

Kaynar sabunlama adımında sıcaklık artışıyla sabun kullanımının elimine edilebilirliğine ait yıkanmış kumaşların görselleri Şekil 4.43'te, haslık sonuçları ise Çizelge 4.34-4.39'da gösterilmiştir.



Şekil 4.43. Boyalı kumaşların konvansiyonel ve sıcaklık artışı ile yapılan yıkama sonrası D65 ışığı altındaki görselleri

Çizelge 4.34. Bifonksiyonel Synozol Red KHL boyalı numunenin, konvansiyonel ve sıcaklık artırımı proseslerindeki haslık değerleri

Synozol Red KHL	Yıkama Haslığı						Sürtme Haslığı	
Numune	CA	CO	PA	PES	PAN	WO	Yaş	Kuru
Konvansiyonel Yıkama	5	4	5	5	4/5	5	4/5	5
Sıcaklık Artırımı	5	4	5	5	5	5	4/5	5

Çizelge 4.35. Bifonksiyonel Synozol Blue KBR boyalı numunenin, konvansiyonel ve sıcaklık artırımı proseslerindeki haslık değerleri

Synozol Blue KBR	Yıkama Haslığı						Sürtme Haslığı	
Numune	CA	CO	PA	PES	PAN	WO	Yaş	Kuru
Konvansiyonel Yıkama	5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
Sıcaklık Artırımı	5	4/5	5	5	5	5	4/5	5

Çizelge 4.36. Bifonksiyonel Itofix Turquoise boyalı numunenin, konvansiyonel ve sıcaklık artırımı proseslerindeki haslık değerleri

Itofix Turquoise	Yıkama Haslığı						Sürtme Haslığı	
Numune	CA	CO	PA	PES	PAN	WO	Yaş	Kuru
Konvansiyonel Yıkama	5	3/4	4/5	5	4/5	5	4	4/5
Sıcaklık Artırımı	5	4	5	5	4/5	5	4/5	5

Difüzyon fazının 95 °C' de yapıldığı alternatif yıkama prosesinde, *Synozol Blue KBR* ve *Itofix turquoise* boyalı numunelerin haslıklarında konvansiyonel proseste elde edilen

haslık değerlerine ulaşıldığı, *Syn Red KHL* boyanmış kumaş numunelerinin haslıklarında diğer konvansiyonel işletme prosesine kıyasla CO refakat bezi için ½ puanlık bir iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Bu kapsamda boyalı dokuma havlu kumaşların "kaynar sabunlama" adımında işlem sıcaklığının 95°C' ye çıkarılabileceği ve bu adımda sıcaklık yükseltildiği için sabun kullanımının elimine edilebileceği görülmüştür. Tüm boyarmaddeler için klasik sabunlama banyosunda gözlemlenen geçirgenlik düşüşleri sıcaklığın yükseltildiği banyolarda da gözlenmiştir. Yine tüm boyarmaddeler için, son iki yıkama banyosunda transmitans değerleri %80'in üzerine çıkmıştır.

4.4.2. Nanobubble teknolojisi kullanılarak uygulanan yıkama prosesi

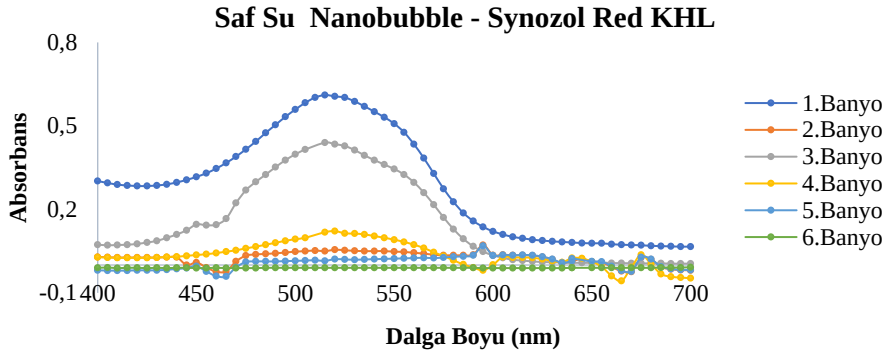
Nanobubble jeneratöründen geçirilen saf ve yumuşak sular, konvansiyonel yıkama prosesinin her adımında kullanılarak sabunsuz yıkama yapılmıştır. *Synozol Red KHL* ile orta tonda (boyarmadde oranı %1) yapılan boyamalardan sonra yapılan yıkamaların atıksu banyolarının (yumuşak ve saf su nanobubble) absorbans ve transmitans değerleri Çizelge 4.37, Şekil 4.45-4.48'de verilmiştir. *Synozol Red KHL* adlı reaktif boyama çalışmasına ait yıkama atıksularının görselleri ise Şekil 4.44'te gösterilmiştir.



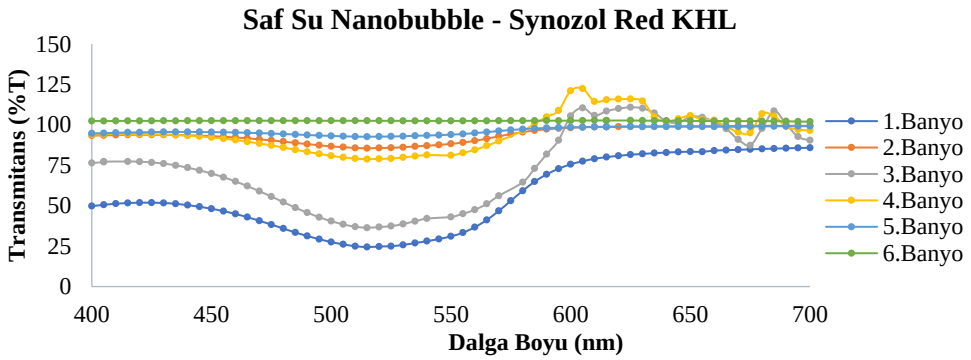
Şekil 4.44. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf ve yumuşak suların, reaktif yıkama prosesinde kullanımına ait atıksu görselleri

Çizelge 4.37. *Synozol Red KHL* boyalı numunelerin her iki nanobubble suyu ile yapılan yıkama banyolarının absorbans ve transmitans değerleri

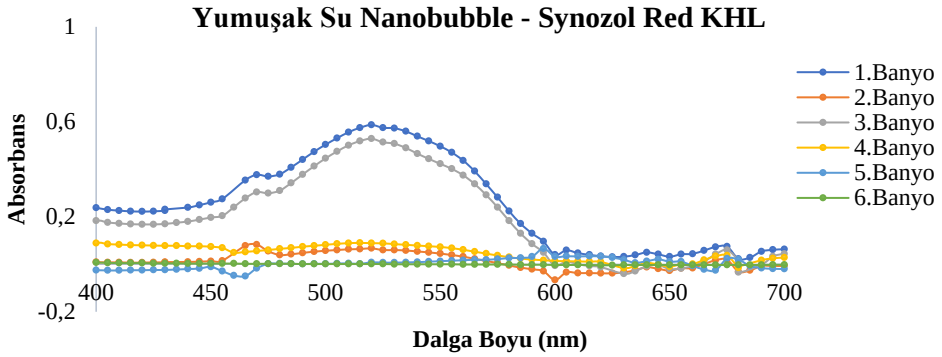
Synozol Red KHL	Saf Su ile Nanobubble		Yumuşak Su ile Nanobubble	
	Abs	%T	Abs	%T
1.Banyo	0,58	26,07	0,53	29,3
2.Banyo	0,05	86,01	0,06	90
3.Banyo	0,41	38,04	0,47	32,7
4.Banyo	0,09	79,08	0,08	78,9
5.Banyo	0,01	92,08	0,003	99,2
6.Banyo	0	100	0,001	99,5



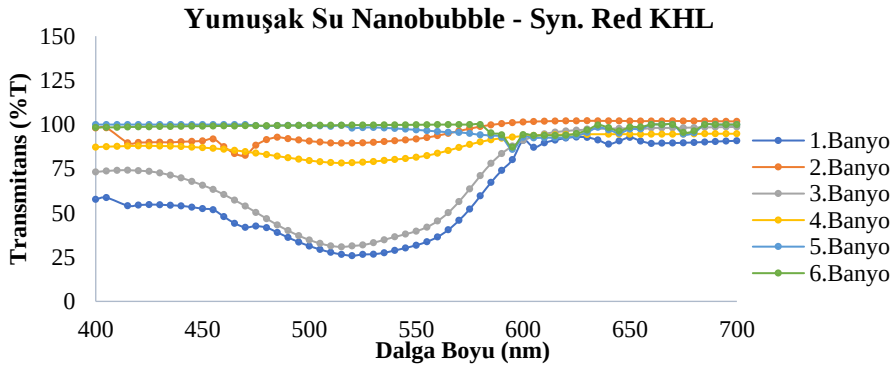
Şekil 4.45. Bifonksiyonel *(Synozol Red KHL)* boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği



Şekil 4.46. Bifonksiyonel (*Synozol Red KHL*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği



Şekil 4.47. Bifonksiyonel (*Synozol Red KHL*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği



Şekil 4.48. Bifonksiyonel (Synozol Red KHL) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği

Atıksuların (yumuşak ve saf su nanobubble) absorbans grafikleri en yüksek değeri 505 nm dalga boyunda vermiştir. Yumuşak nanobubble suyuyla yapılan denemelerde ,saf su denemeleriyle yakın sonuçlar elde edilmiştir. Konvansiyonel işleme göre daha fazla hidrolizat kumaştan uzaklaşırken, son banyolarında geçirgenlik değerleri artmıştır.

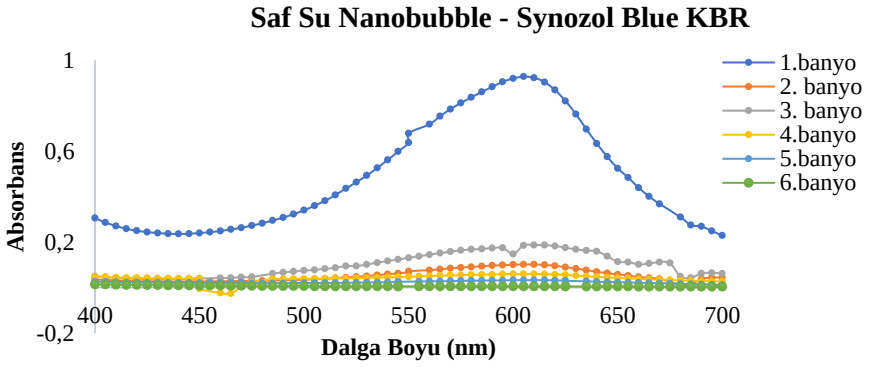
Synozol Blue KBR ile yapılan boyamalardan sonra yapılan yıkamaların atıksu banyolarının absorbans ve transmitans değerleri Çizelge 4.38, Şekil 4.50-4.53'te verilmiştir. *Synozol Blue KBR adlı* reaktif boyama çalışmasına ait yıkama atıksularının görselleri ise Şekil 4.49'da gösterilmiştir.



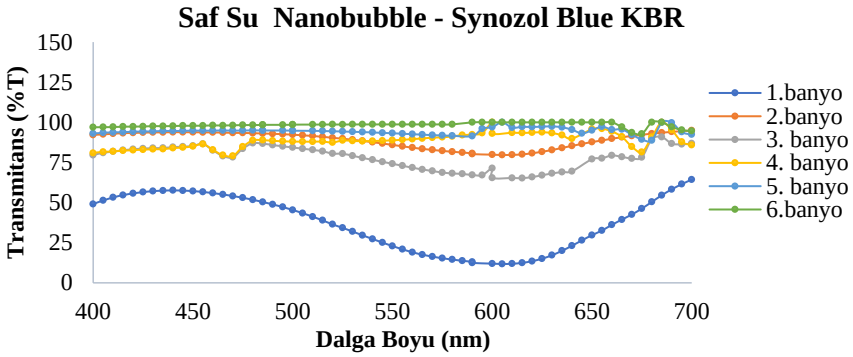
Şekil 4.49. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf ve yumuşak suların, reaktif yıkama prosesinde kullanımına ait atıksu görselleri

Çizelge 4.38. *Synozol Blue KBR* boyalı numunelerin her iki nanobubble suyu ile yapılan yıkama banyolarının absorbans ve transmitans değerleri

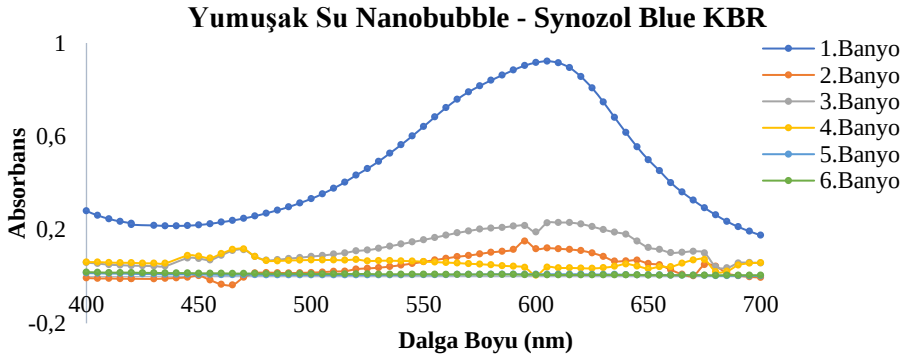
Synozol Blue KBR	Saf Su ile Nanobubble		Yumuşak Su ile Nanobubble	
	Abs	%T	Abs	%T
1.Banyo	0,91	11,9	0,91	29,3
2.Banyo	0,1	79,8	0,11	90
3.Banyo	0,14	71,3	0,19	32,7
4.Banyo	0,06	95	0,06	78,9
5.Banyo	0,033	97	0,001	99,2
6.Banyo	0,006	100	0,008	99,5



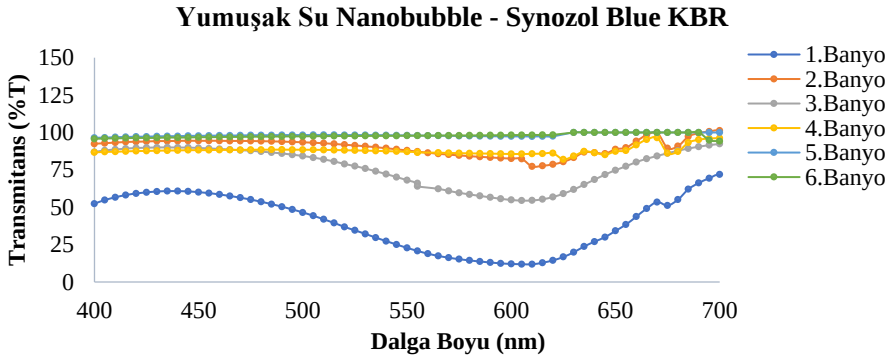
Şekil 4.50. Bifonksiyonel (Synozol Red KHL) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği



Şekil 4.51. Bifonksiyonel (*Synozol Blue KBR*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği



Şekil 4.52. Bifonksiyonel (*Synozol Blue KBR*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği



Şekil 4.53. Bifonksiyonel (*Synozol Blue KBR*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği

Atıksuların (yumuşak ve saf su nanobubble) absorbans grafikleri en yüksek değeri 600 nm dalga boyunda vermiştir. Yumuşak nanobubble suyuyla yapılan denemelerde, saf su denemeleriyle yakın sonuçlar elde edilmiştir. Konvansiyonel işleme göre daha fazla hidrolizat kumaştan uzaklaşırken, son banyolarında geçirgenlik değerleri artmıştır.

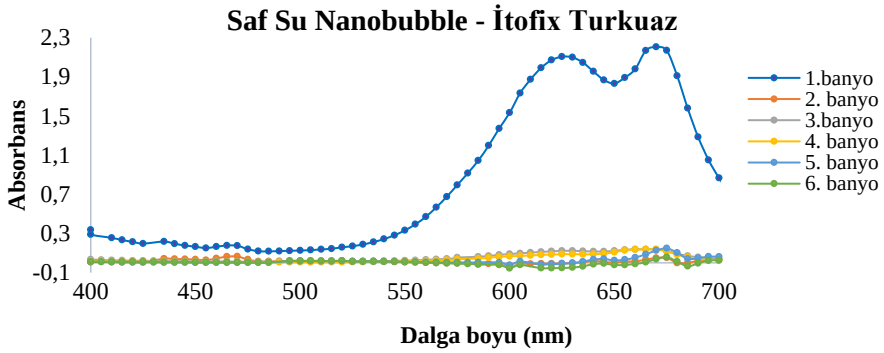
Itofix Turquoise ile yapılan boyamalardan sonra yapılan yıkamaların atıksu banyolarının (yumuşak ve saf su nanobubble) absorbans ve transmitans değerleri Çizelge 4.39'de, Şekil 4.55-4.58'de verilmiştir. *Itofix Turquoise* adlı reaktif boyama çalışmasına ait yıkama atıksularının görselleri ise Şekil 4.54'te gösterilmiştir.



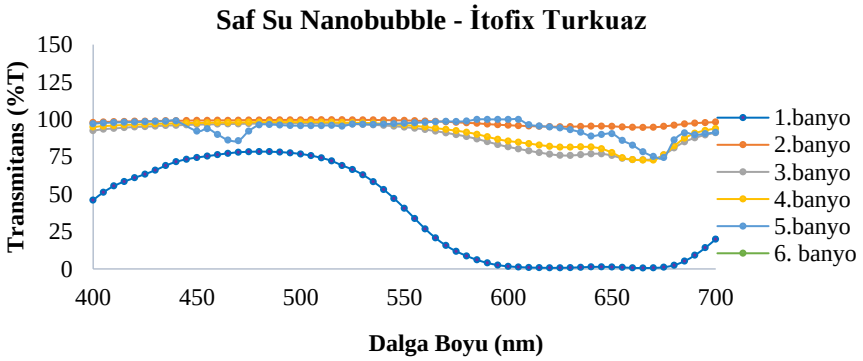
Şekil 4.54. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf ve yumuşak suların, reaktif yıkama prosesinde kullanımına ait atıksu görselleri

Çizelge 4.39. *Itofix Turquoise* boyalı numunelerin her iki nanobubble suyu ile yapılan yıkama banyolarının absorbans ve transmitans değerleri

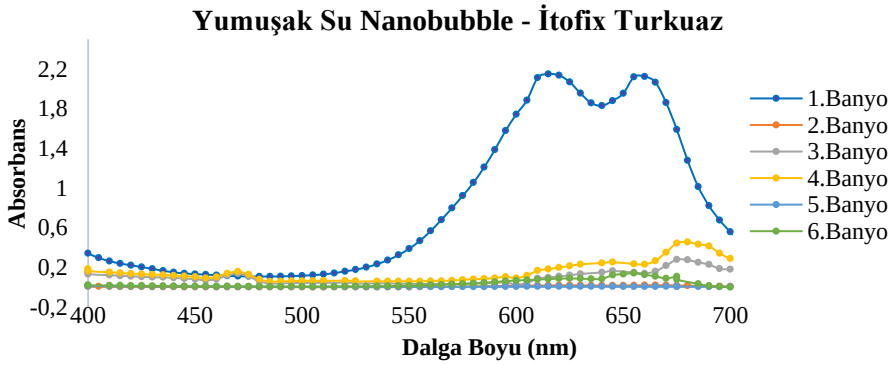
Itofix Turquoise	**Saf Su ile Nanobubble**		**Yumuşak Su ile Nanobubble**	
	Abs	%T	Abs	%T
1.Banyo	2,7	0,73	2,13	0,72
2.Banyo	0,09	95,17	0,02	94,98
3.Banyo	0,11	76,74	0,11	60,37
4.Banyo	0,08	82,02	0,19	51,44
5.Banyo	0,013	94,95	0,001	75,88
6.Banyo	0,02	100	0	100



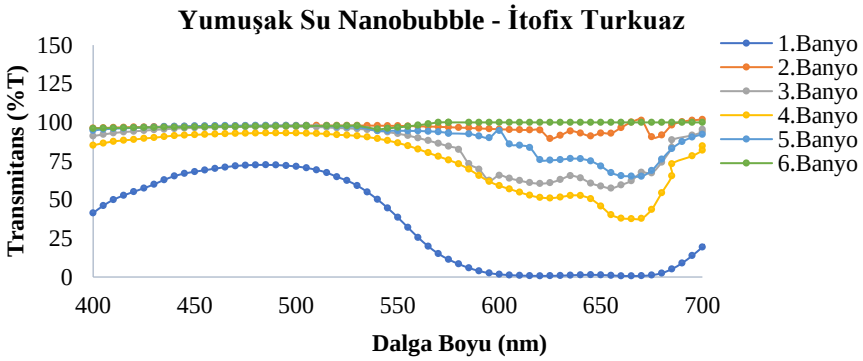
Şekil 4.55. Bifonksiyonel (*Itofix Turquoise)* boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği



Şekil 4.56. Monofonksiyonel (*Itofix Turquoise*) boyalı kumaşların, yıkama rejiminde saf sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği



Şekil 4.57. Monofonksiyonel (*Itofix Turquoise)* boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının absorbans grafiği



Şekil 4.58. Monofonksiyonel (*Itofix Turquoise)* boyalı kumaşların, yıkama rejiminde yumuşak sudan elde edilen nanobubble suyu kullanımının transmitans grafiği

Atıksuların (yumuşak ve saf su nanobubble) absorbans grafikleri en yüksek değeri 620 nm dalga boyunda vermiştir. Yumuşak nanobubble suyuyla yapılan denemelerde, saf su denemeleriyle yakın sonuçlar elde edilmiştir. Konvansiyonel işleme göre daha fazla hidrolizat kumaştan uzaklaşırken, son banyolarında geçirgenlik değerleri artmıştır. Yıkama prosesinin her adımında nanobubble cihazından geçirilmiş suların kullanıldığı proseslere ait olan kumaşların yıkama ve sürtme haslık değerleri Çizelge 4.40-4.41'de gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılan kumaşların görüntüleri Şekil 4.59'da verilmiştir.

Çizelge 4.40. Saf su kullanılarak açığa çıkan nanobubble sularının, *Synozol Red KHL, Synozol Blue KBR* ve *Itofix Turquoise* boyamalarına ait yıkama proseslerinde kullanımına bağlı haslık değerleri

Saf Su Nanobubble	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Synozol Red KHL	5	4	5	5	5	5	4/5	5
Synozol Blue KBR	5	4	5	5	5	5	4/5	5
Itofix Turquoise	5	4	4/5	5	5	5	4/5	5

Çizelge 4.41. Yumuşak su kullanılarak açığa çıkan nanobubble sularının, *Synozol Red KHL, Synozol Blue KBR* ve *Itofix Turquoise* boyamalarına ait yıkama proseslerinde kullanımına bağlı haslık değerleri

Yumuşak Su Nanobubble	**Yıkama Haslığı**						**Sürtme Haslığı**	
Numune	**CA**	**CO**	**PA**	**PES**	**PAN**	**WO**	**Yaş**	**Kuru**
Synozol Red KHL	5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
Synozol Blue KBR	5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
Itofix Turquoise	5	4	4/5	5	5	5	4/5	5

Synozol Blue KBR, Synozol Red KHL boyarmaddeleri için yumuşak sulu nanobubble ile yapılan yıkama rejimlerinde CO refakat bezi için ½ puanlık bir yıkama haslığı artışı elde edilmiştir. Itofix Turquoise boyarmaddesi için de aynı haslık değerlerine ulaşılmıştır.

Synozol Red KHL ve *Itofix Turquoise* için yumuşak nanobubble' lı su ile elde edilen haslık değerleri, konvansiyonel yöntemde elde edilen haslık değerlerine göre CO refakat bezi için ½ puanlık bir artış sağlamıştır.



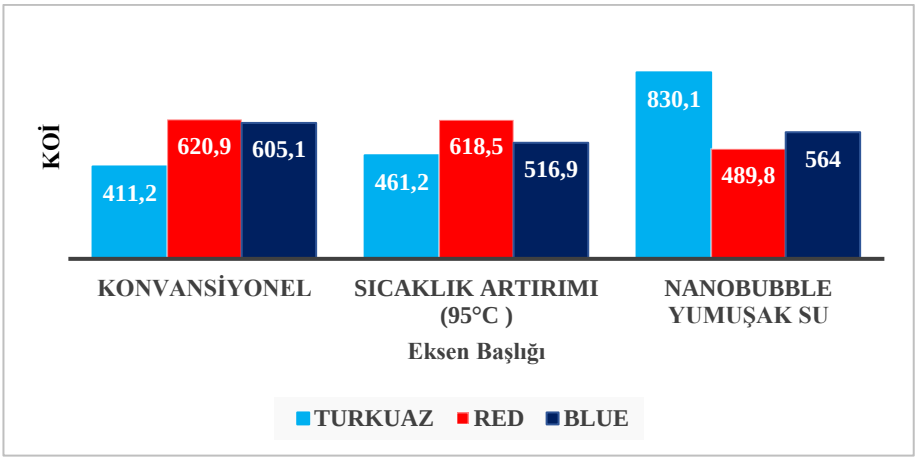
Şekil 4.59. Nanobubble jeneratöründen geçirilmiş saf su ve yumuşak su numunelerinin, reaktif boyama sonrası yıkamalarında kullanımına ait kumaş görselleri

4.5. Yeni Yıkama Rejimlerinin KOİ Yüklerinin Değerlendirilmesi

Yeni yıkama rejimleri ile yapılan yıkamalardan elde edilen atık sulardan hazırlanan kompozit numuneler üzerinde ASM 5220-B. Açık Reflux Metoduna göre yapılan KOİ ölçümleri Çizelge 4.41' de, Şekil 4.60'ta verilmiştir.

Çizelge 4.42. Sabun kullanımı elimine edilen yeni yıkama rejimleri ile konvansiyonel yıkama rejiminin KOİ yüklerinin gösterimi

KOİ(mg/l)	Konvansiyonel	Sıcaklık Artırımı (95°C)	Yumuşak Su (Nanobubble)
Synozol Red KHL	411,2	461,2	830,1
Synozol Blue KBR	620,9	618,5	489,8
Itofix Turquoise	605,1	516,9	564



Şekil 4.60. Sabun kullanımı elimine edilen yeni yıkama rejimleri ile konvansiyonel yıkama rejiminin KOİ grafiği

Atık yıkama banyolarında sabun kullanımının KOİ yükü üzerinde konvansiyonel ve yüksek sıcaklıkta yıkama prosesleri arasında çok fazla etki gözlenmez iken, atıktaki KOİ artışının bundan ziyade boyarmadde molekül büyüklüğü ile doğru orantılı olarak arttığı/değiştiği (özellikle KOİ yükleri *Itofix Turquoise* için nanobubble yumuşak su ile yapılan yıkamalarda) gözlenmiştir.

KOİ yükleri kompozit numuneler üzerinde çalışıldığı için deterjan etkisi tam olarak gözlemlenememiştir. Bu etkiyi görmek için sadece difüzyon fazı yıkama çözeltisinde KOİ ölçümü yapılmıştır.

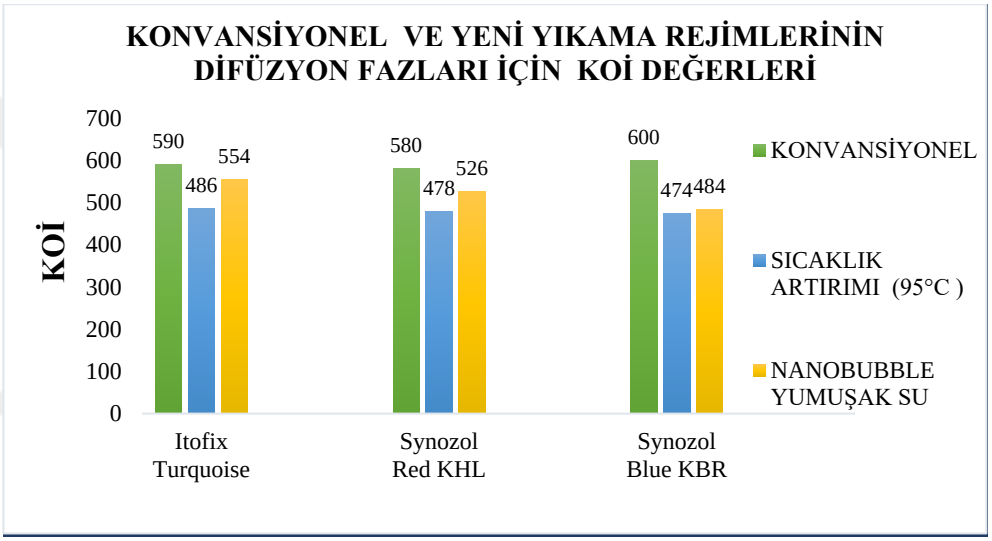
4.6. Yeni Yıkama Rejimlerinin Difüzyon Fazlarına Ait KOİ Yüklerinin Değerlendirilmesi

Synozol Red KHL, Synozol Blue KBR ve *Itofix Turquoise* ile orta tonda (boyarmadde oranı %1) yapılmış boyamaların, sadece kaynar sabunlama (difüzyon fazı) banyolarının KOİ ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Bu boyamalara ait konvansiyonel ve yeni yıkama rejimlerinin yalnızca difüzyon fazlarının 300-10000 mg/l aralığındaki KOİ ve 605 nm'deki absorbans değerleri, çizelge 4.43'te, konvansiyonel ve yeni yıkama rejimlerine ait KOİ değişimleri şekil 4.62' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.43. Konvansiyonel ve yeni yıkama rejimlerinin difüzyon fazlarına ait KOİ ve absorbans değerleri

KOİ (mg/l)/ Abs	Konvansiyonel yıkama	Sıcaklık Artırımı prosesi	Nanobubble Sulu Yıkama
Synozol Red KHL	580 / 0,15	478 / 0,16	526 / 0,18
Synozol Blue KBR	600 / 0,16	474 / 0,16	484 / 0,17
Itofix Turquoise	590 / 0,15	486 / 0,17	554 / 0,19



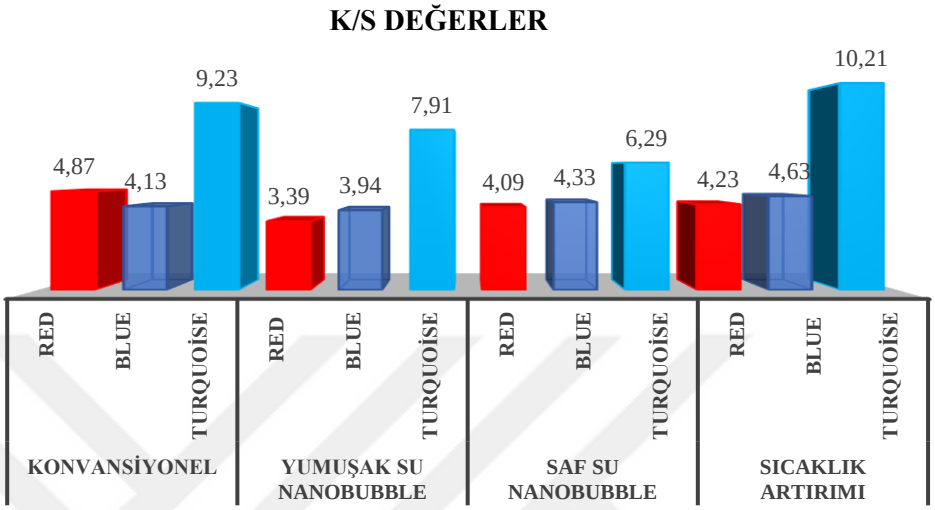
Şekil 4.61. Konvansiyonel ve yeni yıkama rejimlerinin difüzyon fazlarınına ait KOİ değerleri

Reaktif yıkama banyolarının difüzyon fazlarına ait bu numunelerin KOİ ölçümü sonucunda, deterjan kullanımından dolayı konvansiyonel prosese ait numunelerin KOİ değerleri en yüksektir. Yeni yıkama rejimlerinden nanobubble suyu ile yıkama çalışmasına ait KOİ ve absorbans değerleri, yıkama banyosuna aktarılan hidrolizat miktarından dolayı yüksektir.

Difüzyon fazına ait yıkama banyosu 85°C'den 95°C' ye artırılmış diğer proseste ise en düşük KOİ değerleri gözlemlenmiştir. Detarjan yükünün KOİ yükü üzerindeki etkisi difüzyon fazında daha iyi gözlenmektedir.

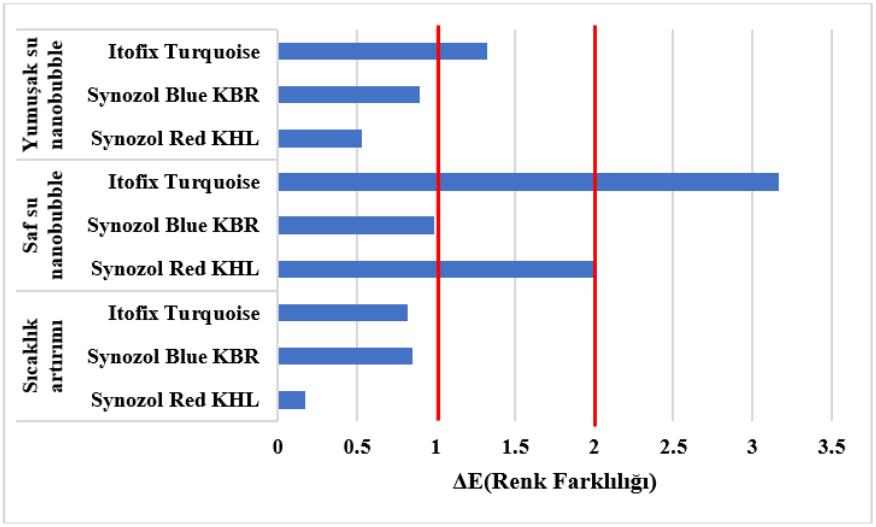
4.7. Konvansiyonel ve Yeni Yıkama Rejimlerinin K/S Değerlerinin Değerlendirilmesi

K/S değerleri saptanan yeni ve konvansiyonel yıkama rejimlerine ait grafik Şekil 4.61'de verilmektedir.



Şekil 4.62. Yeni yıkama rejimlerine ve konvansiyonel yıkama rejimine ait K/S değerlerinin gösterimi

Synozol Red KHL, Synozol Blue KBR ve Itofix Turquoise boyarmaddelerine ait ΔE renk farklılığı değerleri şekil 4.62'de verilmiştir.



Şekil 4.63. Yeni yıkama rejimlerine ait ΔE renk farklılığı değerlerinin gösterimi

Synozol Red KBR boyarmaddesiyle yapılan boyama çalışmasının ard yıkamalarında konvansiyonel proseste en yüksek K/S renk derinliği değerlerine ulaşılırken en düşük K/S değerlerine yumuşak nanobubble'lı su ile ulaşılmıştır. Diğer proseslerde konvansiyonel prosesle ΔE renk farklılığı değerleri 1'in altında kalırken, Yumuşak su ΔE renk farklılığı değerleri 2'in altında kalmıştır.

Synozol Blue KBR boyarmaddesiyle yapılan boyama çalışmasının ard yıkamalarında en yüksek K/S değerlerine Sıcaklığın arttırıldığı yıkama proseslerinde ulaşılmakla beraber, K/S değerlerinde çok büyük farklılıklar görülmemiştir. Tüm numunelerin konvansiyonel prosesle ΔE renk farklılığı değerleri 1'in altında kalmıştır. Konvansiyonel prosesler ile yeni yıkama rejimleri arasında renk derinliği açısından bir fark olmadığı söylenebilir.

Itofix Turquoise boyarmaddesiyle yapılan boyama çalışmasının ard yıkamalarında, konvansiyonel yıkama prosesine kıyasla, sıcaklık artırımı prosesinde daha yüksek K/S değerlerine ulaşılmıştır. Yumuşak ve saf sulu Nanobubble proseslerinde daha düşük K/S değerleri elde edilmiştir. *Itofix Turquoise* için ΔE renk farklılığı değerleri 1'e yakın veya üzerindedir.

5.SONUÇ

Reaktif boyama sonrasındaki durulama adımındaki kimyasal, su ve enerji tüketimi kayda değerdir. Toplam KOİ deşarjının 3/4'ü ve harcanan suyun 3/4'ü yıkama ile ilişkilidir. Boyamadan sonra 800mg/l'ye ulaşabilen yüksek oranlarda hidrolize boyarmadde banyoda kalabilmektedir. Ayrıca boyamadan sonra gerçek renk tonunun ve maksimum haslığın elde edilebilmesi için yapılan durulama ve sabunlama proseslerinde de önemli miktarda boyarmadde liften ayrılmaktadır.

Reaktif boyarmaddelerle yapılan boyamalarda, life bağlanmamış ve hidrolize uğramış boyarmaddenin uzaklaştırılması için birkaç adımlı sabunlama ve durulama işlemlerine gerek duyulmaktadır. Yıkama esnasında hidrolizatın uzaklaştırılmasını 3 ayrı fazda incelemek mümkündür: Birinci Değiştirme Fazı, atık çözelti içerisindeki hidrolizatın büyük oranda uzaklaşması ve hidrolizatın substantivitesinin azalması için çözeltinin elektrolit konsantrasyonunun seyreltme yoluyla 1-2 g/l'ye kadar düşürülmesini sağlar. Bu faz için ısıtmaya ihtiyaç yoktur. Yüksek sıcaklıklar hidrolizatın daha çok uzaklaştırılmasını sağlasa da faydalı olduğu ancak kullanılan suyun ısıtılması için ekstra bir ısıtma maliyeti olmazsa söylenebilir. Difüzyon Fazında hidrolizat lif içerisinden dışarıya doğru difüze olacaktır. Bu amaçla yüksek sıcaklıklar (80-98°C boyama derinliğine bağlı olarak) ve daha uzun süre gerekmektedir. İkinci Değiştirme Fazında ise desorbsiyona uğrayan hidrolizat uzaklaştırılır.

Bu çalışmada, işletmede açık, orta ve koyu tonlarda yapılan boyamalar sonrası yıkamaların gerek yıkama rejimleri gerekse yıkama reçeteleri incelenmiştir. Yıkama banyolarından örnekler alınarak öncelikle reaktif boyama atık banyolarından hangilerinin dekolorizasyon yapılmaksızın kullanılabileceğini belirlemek amacıyla UV-Vis spektrofotometrede transmitans ve absorbans değerleri ölçülmüştür. Bu değerler incelenerek 1. Değiştirme fazı, Difüzyon fazı ve 2. Değiştirme fazına ait olan banyolar saptanmaya çalışılmıştır. Daha sonra, dekolorizasyon yapılmaksızın tekrar kullanılan banyolarla yıkama işlemleri yapılmış ve elde edilen mamulün haslık değerleri ile renk farklılıkları araştırılmıştır.

Genel olarak, en kirli banyoların 1. Yerdeğiştirme fazına ait olan ilk yıkama banyoları ile difüzyon fazına ait olan sabunlama banyolarının olduğu saptanmıştır. Bu durum literatür ile uyumluluk göstermektedir. Özellikle bu tespit orta tonda boyamalar için doğrudur. Koyu tonlarda bu durum tam olarak tespit edilememekte, 1. Yerdeğiştirme fazı ve difüzyon fazındaki banyoların birbirine geçiş yaptığı, tüm banyoların yoğun kirlilik içerdiği görülmektedir. Ancak yine de en azından son 2 yıkama banyosunun kullanılabileceği görülmüştür. Açık ton boyamalarda ise genel olarak sadece difüzyon fazında (sabunlama banyolarında) kirlilik görülmüş, diğer banyolarda kirlilik yükünün çok düşük olduğu değerlendirilmiştir.

%Transmitans eğrileri değerlendirilerek tekrar kullanılmasına karar verilen yıkama banyoları alınarak bir sonraki boyamanın yıkamalarında ilk yıkama banyoları olarak kullanılmıştır. Aynı yıkama rejimleri uygulanmıştır. Bu örnekler normal yıkama prosedürü ile yıkanan örneklerle karşılaştırılmıştır. Konvansiyonel yıkama ve dekolorize edilmeden tekrar kullanılan yıkama rejimleri arasında haslıklarda kayda değer bir fark görülmemiştir. Orijinal numuneyle renk farklılığı saptanmamıştır.

Poli-fonksiyonel reaktif boyarmaddelerle boyama ile fikse oranlarındaki ve renk derinliklerindeki değişimler incelenmiş ve artan fikse oranları sonucunda yeni yıkama rejimlerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Araştırılan monofonksiyonel ve bifonksiyonel boyama çalışmalarının yıkama adımlarına ait üçüncü yıkama banyoları için, yüzeyden arındırılan hidrolizat miktarları yaklaşık olarak ilk banyolardaki hidrolizat miktarı kadar tespit edilirken, trifonksiyonel boyarmaddeler için üçüncü banyolarındaki bu artış sembolik bir miktarda kalmış olup, son banyolarının geçirgenlik değerleri kademeli olarak artmıştır. Bu da trifonksiyonel boyarmaddelerin son banyolarının kullanım kapasitesini daha da arttırmaktadır.

Monofonksiyonel boyarmaddelerden, trifonksiyonel boyarmaddelere doğru giderken son üç yıkama banyosunda % Transmitans değerleri giderek artmıştır. Fonksiyonel grup sayısı arttıkça lif boyarmadde bağlanmasının daha yüksek oranda gerçekleştiği ve buna bağlı olarak daha yüksek haslık değerlerine ulaşıldığı ve daha temiz atıksular elde edildiği saptanmıştır.

Reaktif boyama sonrasındaki yapılan yıkamaların yoğun hidrolizat kirliliği veren aşaması olan kaynar sabunlamada deterjan kullanmaksızın yıkama suyu sıcaklığının 10°C yükseltilmesi incelenmiştir ve yine Nano-bubble teknolojisi ile yumuşak ve saf su kullanılarak yıkama gerçekleştirilmiştir. Bu yıkama işlemlerinden sonra elde edilen kumaşların yıkama ve sürtme haslıkları, renk derinlikleri ve renk farklılıkları ile yıkama sularının KOİ yükleri araştırılmıştır.

Difüzyon fazındaki yıkama suyu sıcaklığının 10°C arttırılarak, reçeteden sabun kullanımının çıkarılabileceği, Synozol Blue KBR ve Itofix Turquoise boyalı numunelerin haslık değerlerinde, konvansiyonel prosese ait haslık değerlerine ulaşıldığı, Synozol Red KHL boyalı numunelerin haslıklarında ise konvansiyonel prosese kıyasla CO refakat bezi için ½ puanlık bir iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Nanobubble ile üretilen gerek yumuşak gerekse saf su ile sabunsuz yıkama yapılabileceği, yumuşak su ile elde edilen haslık değerlerinin saf su ile elde edilen haslık değerlerine kıyasla ½ puan kadar daha iyi olduğu görülmüştür. İşletme ile de daha uyumlu olması açısından nanobubble ile yumuşak su üretiminin ve yıkamada kullanılmasının daha verimli olacağı değerlendirilmiştir.

Atık yıkama banyolarında sabun kullanımının KOİ yükü üzerinde konvansiyonel ve yüksek sıcaklıkta yıkama prosesleri arasında çok fazla etki gözlenmez iken, atıkdaki KOİ artışının bundan ziyade boyarmadde molekül büyüklüğü ile doğru orantılı olarak arttığı (özellikle KOİ yükleri Itofix Turquoise için Nanobubble yumuşak su ile yapılan yıkamalarda) saptanmıştır. Öte yandan sadece difüzyon fazı banyolarında yapılan değerlendirmede KOİ yüklerinin detarjan kullanılmaması ile daha düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak tüm boyarmaddeler için son yıkama banyolarında transmitans değerleri %80'in üzerine çıkan reaktif boyama atık sularının arıtılmadan tekrar kullanılabileceği ve böylece sudan önemli ölçüde tasarruf sağlanabileceği, Nanobubble jeneratörü gibi yeni teknolojilerle, kaynar sabunlama adımında deterjan kullanımından vazgeçilerek haslık parametrelerinden ödün vermeden daha ekolojik yıkamalar yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Agrawal, A., Ng, W. J., Liu, Y. (2011). Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere*, 84 (9), 1175-1180. doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.05.054.

Agrawal, B. J. (2015). Sustainable And Energy-Efficient Dyeing Of Hot Brand Reactive Dyes On Cotton Substrat, *Eastern Academic Journal*, 3, 63-70. Erişim adresi: https://www.e-acadjournal.org/article_15162.pdf

Ahmed, N. S. E. El-Shishtawy, R. M. (2009). The Use Of New Technologies In Coloration Of Textile Fibers, *Journal of Materials Science*, 45,1143–1153. doi:10.1007/s10853-009-4111-6. doi:10.1007/s10853-009-4111-6

Ahmed, N. S. E. (2005). The Use Of Sodium Edate In The Dyeing Of Cotton With Reactive Dyes, *Dyes and Pigments*, 65, 221-225. doi:10.1016/j.dyepig.2004.07.014

Ahuja, S. (2009).Volatile and Semivolatile Contaminants.S. Ahuja (Ed.) *Handbook of Water Purity and Quality*, (s. 237-258) içinde. Great Britain: Academic Press.

Amin, M. N. ve Blackburn, R. S. (2015). Sustainable Chemistry Method To Improve The Wash-Off Process Of Reactive Dyes On Cotton. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3(4), 725 - 732. Erişim adresi: https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00034

Aniş, P., Eren H. A. (2003). Improving The Fastness Properties Of One-Step Dyed Poliester/Cotton Fabrics, *AATCC Review*, 3(4), 20-24. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/290791868_Improving_the_fastness_properties_of_one-step_dyed_polyestercotton_fabrics

Aniş, P., Eren H. A. (2004). Dye Selection For Alkaline One-Step Disperse-Reactive Dyeing Of Poliester/Cotton Blends, *AATCC Review*, 4(7), 23-27. Erişim adresi:https://www.researchgate.net/publication/289108490_Dye_selection_for_alkaline_one-step_dispersereactive_dyeing_of_polyester_cotton_blends

Aniş, P.(2005). Doğal ve rejenere liflerin terbiyesi ve boyanması, Mühendislik Fakültesi, Ders Notları, Bursa, 18s.

Bahtiyari M. İ., Davulcu A. ve Benli H. (2012, Şubat). *Deniz suyunun tekstil terbiye proseslerinde kullanılabilirliği*, IV. Uluslararası Arge Proje Pazarı, Bursa. Erişim adresi: https://avesis.erciyes.edu.tr/yayin/0da983c8-efc1-47ee-aced-5d20d982ddda/deniz-suyunun-tekstil-terbiye-proseslerinde-kullanilabilirligi

Ben Mansour, H., Houas, I., Montassar, F., Ghedira, K., Barillier, D., Mosrati, R., Chekir-Ghedira, L. (2012). Alteration of in vitro and acute in vivo toxicity of textile dyeing wastewater after chemical and biological remediation. *Environmental science and pollution research international.*19, 2634 – 2643. doi: 10.1007/s11356-012-0802-7.

Can, Y. (2014, Şubat). *Tekstil sektöründe su kullanımı ve atık su yönetimi*, ISEM2014, Adıyaman. Erişim Adresi: http://i-sem.info/PastConferences/ISEM2014/ISEM2014/papers/A3-ISEM2014ID134.pdf

Chequer, F. M. D., Oliveira, G. A. R., Ferraz, E. R. A., Cardoso, J. C., Zanoni, M. V. ve Oliveira, D. P. (2013). *Textile Dyes: Dyeing Process and Environmental Impact.* M.Günay (Ed.).Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing. (s. 151) içinde. Rijeka Croatia: IntechOpen. Erişim Adresi: http://dx.doi.org/10.5772/53659

Khan MKR, Jintun S. (2021). Sustainability Issues of Various Denim Washing Methods. *Textile & Leather Review*. 4(2), 96-110. Erişim adresi: https://doi.org/10.31881/TLR.2021.01

Koh, J. (2011). *Dyeing of Cellulosic fibres.*M. Clark (Ed.). Handbook of Textile And İndustrial Dyeing ,Volume2: Applications of Dyes.(s. 141) içinde. Sawston, Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.

Couto S. R. (2009). Dye removal by immobilised fungi. Biotechnology Advances, 27(3), 227-235. Erişim adresi: https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.12.001

Çoban, S. (1999). Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri,(s. 71-75), İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 1. Baskı, ISBN NO: 975-483-457-1.

Christie, R, M. (2007). Waste Minimisation In Textile Dyeing. R.M.Cristie (Ed.).Environmental Aspects of Textile Dyeing. (s. 116-140) içinde. Manchester, England:Woodhead Publishing Ltd.

Fang, L., Zhang, X., Ma, J., Sun, D., Zhanga, B. ve Luana, J. (2015). Eco-friendly cationic modification of cotton fabrics for improving utilization of reactive dyes, *RCS Ajvances Journal*, 57, 45654–45661. Erişim adresi: https://doi.org/10.1039/C5RA05887B

Farrell, M. J. (2012). Sustainable cotton dyeing, (Doktora Tezi, North Carolina State üniversitesi, Kaliforniya). Erişim Adresi: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=K7EKY7AAAAAJ&citation_for_view=K7EKY7AAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC

Gupta, V. K. ve Suhas. (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review, *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2313-2342. Erişim Adresi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.017

Gültepe, N . (2006). Türk dünyasında su ve su ürünler ile ilgili politikalar, *Türk Dünyası İncelemeleri Dergisi*, 6(1), 75-80. Erişim adresi: aq

Haggag, K., El-Mollaa, M. M., Mahmoued, Z. M.(2014). Dyeing of cotton fabrics using reactive dyes by microwave irradiation technique, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 39, 406-410. Erişim adresim: https://hdl.handle.net/123456789/30105

Hao, O. J., Kim, H., Chiang, P. C. (2000). Decolorization of wastewater. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 30(4), 449-505. Erişim adresi: https://doi.org/10.1080/10643380091184237

Hauser, P. J. (2000). Reducing Pollution and Energy Requirements in Cotton Dyeing, *Textile Chemist and Colorist*, 32(6), 44-48.Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/279553642_Reducing_pollution_and_energy_requirements_in_cotton_dyeing

Hsieh, Y. L. (2007). *Chemical structure and properties of cotton,* S. Gordon ve Y. L. Hsieh. (Ed.), Cotton Science and technology. (s. 3-34) , içinde: Cambridge, England: CRC Press. doi:10.1533/9781845692483.1.3

Hu, E., Shang, S., Tao, X., Jiang, S. ve Chiu, K. L. (2018). Minimizing freshwater consumption in the wash-off step in textile reactive dyeing by catalytic ozonation with carbon aerogel hosted bimetallic catalyst, *Polymers*, 10(2), 193. doi:10.3390/polym10020193

Hunger, K. (2003a). Dye Classes For Principal Applications. K. Hunger (Ed.). Industrial Dyes, Chemistry, Properties, Applications (s. 113-117), Frankfurt, Germany: WileyVCH.

Hunger, K. (2003b). Textile Dyeing. K.Hunger (Ed.) Industrial Dyes, Chemistry, Properties, Applications(s. 339-358), Frankfurt, Germany: WileyVCH.

Imada, K., Harada, N., Yoshida, T. 1992. Recent Development in Optimizing Reactive Dyeing of Cotton, *Textile Chemist and Colorist*, 24(9): 83-87. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/295586647_Recent_developments_in_optimizing_reactive_dyeing_of_cotton

Isıyel, H. (1997). *Bazı Reaktif Boyarmaddelerin Farklı Kosullardaki Boyama Özelliklerinin İncelenmesi* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=2pLvVVDY3rP7RNr2UK1qRA&no=2pLvVVDY3rP7RNr2UK1qRA

Islam, M. T. (2016). Environment-friendly reactive dyeing process for cotton to substitute dyeing additives, *Clean Techn. Environ. Policy*, 18: 601–608. Erişim adresi: https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-015-1035-5

İçoğlu, H. İ. (2006). *Pamuklu Dokunmuş Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanması ve Uygulama Yöntemlerinin İncelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana). Erişim adresi:https://libratez.cu.edu.tr/tezler/5708.pdf

Jie Zhu ,Hongjie An ,Muidh Alheshibri ,Lvdan Liu ,Paul M. J. Terpstra ,Guangming Liu and Vincent S. J. Craig. (2016). Cleaning with Bulk Nanobubbles, *American Chemical Society*, 32 (43), 11203-11211. doi: 10.1021/acs.langmuir.6b01004

Keskin, R. (2006). *Reaktif boyarmaddelerle boyanmış pamuklu dokumaların yıkama, ter ve sürtme haslıklarının gözle ve spektrofotometreyle değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=6EvFww82bdNQrJ1blsOcXA&no=7UeQZt-iyzLW_vW3hDhN7w

Kanık, M. (1988). *Pamuklu mamullerin reaktif boyarmaddelerle boyanmasında kullanılan yarı kontinü boyama yöntemlerinin karsılastırılmalı olarak incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa).Erişim Adresi: https://hdl.handle.net/11452/6816

Keqiang, C., Hubei, W., Perkins, W. S., Reed, I. E. (1999). Dyeing of cotton fabric with rective dyes using ozonated spent dyebath water, *Textile Chemist and Colorist*, 26(4), 25-28. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/267985669_Dyeing_of_Cotton_Fabric_with_Reactive_Dyes_Using_Ozonated_Spent_Dyebath_Water

Khatri, A., Peerzada, M. H., Mohsin, M., White, M. (2014). A Review On Developments In Dyeing Cotton Fabrics With Reactive Dyes For Reducing Effluent Pollution, *Journal of Cleaner Production*, 87, 50-57. Erişim Adresi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.017

Kır, Z., Benli, N. (2018). Reaktif boyamalar için formaldehitsiz fiksatör kullanılarak pamuklu kumaşta haslıkların incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 319-326. Erişim Adresi:https://dergipark.org.tr/tr/pub/teksmuh/issue/42162/507612

King, D. (2007). *Dyeing of cotton and cotton products*, Gordon, S., Hsieh, Y.L. (Eds.), Cotton: Science and Technology (s. 353-377).Cambridge, England:Woodhead Publishing Ltd.

Kocaer, O, F., Alkan, U. (2002). Boyarmadde içeren tekstil atık sularının arıtım alternatifleri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 47-55. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/202895

Lawrence, C. (2017). *New Sustainable Chemistry*, Reset, Interreg Europe, Eurepean Union European Regional Development Fund, 3rd Thematic Presentation, Bucharest. Erişim adresi: https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/Multiplexed%20Laser%20Surface%20Enhancement_TCoE.pdf

Leblanc, M. A. (1987). The ımpact of vacuum extraction on the continuous dyeing of cotton with reactive dyes, *Textile Chemist and Colorist*, 20(1), 39- 44.Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/293429605_IMPACT_OF_VACUUM_EXTRACTION_ON_THE_CONTINUOUS_DYEING_OF_COTTON_WITH_REACTIVE_DYES

Lewis, M. D., Lei, X. (1989). Improved cellulose dyeability by chemical modification of the fiber, *Textile Chemist and Colorist*, 21(10), 23-29. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/313523606_Improved_Cellulose_Dyeability_by_Chemical_Modification_of_the_Fiber

Lewis, D.M., Broadbent, P.J., Vo, L.T.T. (2008). Covalent fixation of reactive dyes on cotton under neutral conditions. *AATCC Rev*., 8(1), 35-41. doi: 10.1111/j.1478-4408.2007.00099.x

Lopez, C. G., Manova, A., Hoppe, C., Dreja, M., Schmiedel, P., Job, M., Richtering, W., Böker, A., Tsarkova, L. (2018). Combined UV-Visabsorbance and reflectance spectroscopy study of dye transfer kinetics in aqueous mixtures of surfactants, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 550(5), 74-81 . Erişim adresi: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775718303005

Maeda, S., Kunitou, K., Hihara, T., Mishima, K. (2004). One-Bath Dying of Poliester/Cotton Blends With Reactive Disperse Dyes In Supercritical Carbon Dioxide, *Textile Research Journal*, 74(11), 989-994. Erişim adresi: https://doi.org/10.1177/004051750407401109

Ogugbue C. J., Sawidis T. (2011). Bioremediation and Detoxification of Synthetic Wastewater Containing Triarylmethane Dyes by Aeromonas hydrophila Isolated from Industrial Effluent, *Biotechnology Research International*. doi: 10.4061/2011/967925.

Orhon, D., Kabdasli, I., Germirli Babuna, F., Sozeni,S., Dulkadiroglu, H., Dogruel, S., Karahan, O. Ve Insel, G. (2003). Wastewater reuse for the minimization of fresh water demand in coastal reasselected cases from the textile finishing industry, *Journal of Environmental Science and Health*, 38,1641-1657. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/10604294_Wastewater_Reuse_for_the_Minimization_of_Fresh_Water_Demand_in_Coastal_Areas-Selected_Cases_from_the_Textile_Finishing_Industry

Özdemir, A. O. Tutak, M.(2013). Pamuklu örme kumaşların reaktif boya ile boyanması esnasında tuz ve boyarmadde miktarına bağlı olarak boyama kinetiğinin incelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(3), 200-205. Erişim adresi:https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/236111

Özdemir, A, Tutak, M. (2016). Pamuklu kumaş üzerinde cı reaktif kırmızı 194 boyasının relatif fiksaj, haslık ve K/S renk verimi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1),19-28 . doi: 10.18185/eufbed.03322

Özgürel, S. (2008). *Boyanmış dokuma havlu kumaşların hidrofilite, yıkama ve sürtme haslıkları üzerine etki eden faktörlerin araştırılması* (Yüksek lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi,Denizli).Erişim adresi: https://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/handle/11499/1775?locale-attribute=en

Öztürk, E., Demirer, G. N. , Yetiş, Ü. ve Dilek, F. B. (2010).Türkiye'de Bir Tekstil Fabrikasında Kimyasal Madde Değişimine Yönelik Ön Değerlendirme. *İTÜ Dergisi, 20(2), 12-24. Erişim adresi:* https://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_e/article/viewFile/965/880

Pak, S. (2011). *Pamuklu tekstillerin bitim işlemlerinde geri dönüşüm sularının kullanımının ürün kalitesine etkisinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli). Erişim adresi: http://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/handle/11499/1748

Papic, S., Kopravinac, N., Bozic, A.L. and Metes, A, (2004). Removal of some reactive dyes from synthetic wastewaters by combined Al (III) coagulation/carbon adsorption process, *Dyes and Pigments*, 62, 291-298. Erişim adresi: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143720803001487

Rathinamoorthy, R., Ayswarria, N., Kadambari, R., Sreelatha, R., Janani, K. G. (2016). Optimization of dye transfer inhibition properties of polyvinyl pyrolidine for reactive dye on cotton fabric, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 41, 432-439. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/313362141_Optimization_of_dye_transfer_inhibition_properties_of_polyvinyl_pyrolidine_for_reactive_dye_on_cotton_fabric

Ristić, N., Ristić, I. (2012). Cationic modification of cotton fabrics and reactive dyeing characteristics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(4). Erişim adresi: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/155892501200700408

Santhy, K. ve Selvapathy, P. (2006). Removal of reactive dyes from waste water by adsorption on coir pith activated carbon, *Bioresource Technology*, 97(11), 1329-1336.Erişim adresi: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.05.016

Sayal, V. 1998. Dyeing of cotton fabric with reactive dyes using hydrogen peroxide renovated spent dyebath water, *Textile Chemist and Colorist*, 30(1),17-19. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/306218374_Dyeing_of_cotton_fabric_with_reactive_dyes_using_hydrogen_peroxide_renovated_spent_dyebath_water

Shamey, M. R., Nobbs, J. H. (1999). Computer control of batchwise dyeing of reactive dyes on cotton, *Textile chemist and colorist*, 31(2), 35-39. Erişim adresi:https://www.researchgate.net/publication/283580137_Computer_Control_of_Batchwise_Dyeing_of_Reactive_Dyes_on_Cotton

Siddiqua, U. H., Ali, S., Hussain, T., Bhatti, H. N., Asghar, M.(2017). The dyeing process and the environment: enhanced dye fixation on cellulosic fabric using newly synthesized reactive dye, *Pol. J. Environ. Stud*, 26(59). doi: 10.15244/pjoes/68430.

Smith, C. B., Thakore, K. A. (1991). The Effect of Ultrasound on Fiber Reactive Dye Hydrolysis, *Textile Chemist and Colorist*, Vol. 23(10): 23-25. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/279627623_Effect_of_ultrasound_on_fiber_reactive_dye_hydrolysis

Sostar-Turk, S., Schneider, R., Petrinic, I., Fijan, R. (2008). Ecological alternatives in the conventional process of dyeing with reactive dyes, *Tekstilec*, Vol. 51 (4), pp. 122-133. Erişim adresi: http://www.tekstilec.si/wp-content/uploads/2008/03/Ekolo%C5%A1ke-alternative-v-konvencionalnem-postopku-barvanja-z-reaktivnimi-barvili.pdf

Ushida, A., Hasegawa, T., Takahashi, N., Nakajima, T., Murao, S., Narumi, T., ve Uchiyama, H. (2012). Effect of mixed nanobubble and microbubble liquids on the washing rate of cloth in an alternating flow. *Journal of Surfactants and Detergents*,15 (6), 695-702. Erişim Adresi: https://doi.org/10.1007/s11743-012-1348-x

Usta, C. (2019). *Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle kaynak tüketiminin optimizasyonu(Yüksek Lisans Tezi,* İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul). Erişim adresi: https://tezarsivi.com/pamuklu-kumaslarin-reaktif-boyarmaddelerle-boyanmasinda-surdurulebilirlik-ve-kaynak-tuketiminin-optimizasyonu

Usta, C., Özcan, G. (2021). Mono ve bi-fonksiyonel reaktif boyarmaddelerle pamuklu kumaşların boyanmasında tuz kullanımının azaltılması ce organik tuz kullanımının araştırılması, *Tekstil ve Mühendis*, 28(122), 100-109. Erişim adresi:https://dergipark.org.tr/tr/pub/teksmuh/issue/63469/960691

Wakelyn, P. J., Bertoniere, N. R., French, A. D., Thibodeaux, D. P., Triplett, B. A., Rousselle, M. A., Goynes, W. R., Edwards, J. V., Hunter, L., McAlister, D. D., Gamble, G. R.2007. *Dyeing*, M. Lewin(Ed.).Cotton Fiber Chemistry and Technologies (s. 116-117).Taylor and Francis Group: CRC Press.

Wang, J., Gao, Y., Zhu, L., Gu, X., Dou, H. ve Pei, L. (2018). Dyeing property and adsorption kinetics of reactive dyes for cotton textiles in salt-free non-aqueous dyeing systems, *polymers*, 10(9) doi: 10.3390/polim10091030

Xia, L., Wang, A., Zhang, C., Liu, Y., Guo, H., Ding, C., Wang, Y., Xu, W. (2018). Environmentally friendly dyeing of cotton in an ethanol–water mixture with excellent exhaustion, *Green Chemistry*, (19), 4473-4483. doi: 10.1039/c8gc01814f

Yi, S. X., Dong, Y. C., Li, B. (2012). Adsorption and fixation behaviour of CI Reactive Red 195 on cotton woven fabric in a nonionic surfactant Triton X-100 reversemicelle, *Coloration Technology*, 128(4): 306-314. Erişim adresi: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1478-4408.2012.00381.x

Yang, Y., Li, S. (2000). One-Step Dyeing of Poliester/Cotton with Disperse/Reactive Dyes, *Textile Chemist and Colorist*, 32(3), 38-45. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/297856533_One-step_dyeing_of_polyestercotton_with_dispersereactive_dyes

Yumuşak, N. 2001. Reaktif ve dispers boyalarla boyalı malzemelerin renk haslıklarının iyilestirilmesi için yapılabilecek işlemlerin incelenmesi, (*Yüksek Lisans Tezi* Çukurova Üniversitesi, Adana). Erişim adresi: http://libratez.cu.edu.tr/tezler/5708.pdf

Yurdakul, A., Öktem, T., Kumbasar, P., Atav, R., Korkmaz, A. ve Arabacı, A, (2003). *Boyama işleminden sonra kullanılan tekstil kimyasallarının ve diğer terbiye işlemlerinin haslık özellikleri üzerine etkileri* (Proje No. TÜBİTAK-TAM 2002-02), Türk Tekstil Vakfı, İzmir.

Zaloğlu, S, Özcan, G, Ülkü, P, Yılmaz, B. (2012). Design of an ultrasonic washing process as an after-treatment for developıng reactive printing quality and fastness. *Textile and Apparel*, 22 (2),106-114. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/pub/tekstilvekonfeksiyon/issue/43297/526547

EKLER

EK 1 ‘‘162777 Duck Egg’’, ‘‘175518 Grey’’ adlı Atık Su ile Yıkama Proseslerinin, Konvansiyonel Proses Orijinal Kabul Edilmiş Renk Farklılığı Ölçümleri

EK 2 ‘‘145414 Wisfulblue’’, ‘‘120303 Yellow’’ adlı Atık Su ile Yıkama Proseslerinin, Konvansiyonel Proses Orijinal Kabul Edilmiş Renk Farklılığı Ölçümleri

EK 3 ‘‘160165 Navy’’ adlı Atık Su ile Yıkama Prosesinin, Konvansiyonel Proses Orijinal Kabul Edilmiş Renk Farklılığı Ölçümü

EK 4 Difüzyon Fazı 95℃’ye Çıkarılan Sabunsuz Durulama Rejimine Ait ‘‘*Itofix Turquoise’’* Boyalı Numunelerin Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş, Renk Farkı Ölçümü

EK 5 Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş,‘‘*Itofix Turquoise’’* Adlı Numunelerin Saf Su ve Yumuşak Su Nanobubble Yıkama Çalışmalarına Ait Renk Farkı Ölçümleri

EK 6 Difüzyon Fazı 95℃’ye Çıkarılan Sabunsuz Durulama Rejimine Ait ‘‘*Synozol Red KHL’’* Boyalı Numunelerin Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş, Renk Farkı Ölçümü

EK 7 Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş,‘‘*Synozol Red KHL’’* Adlı Numunelerin Saf Su ve Yumuşak Su Nanobubble Yıkama Çalışmalarına Ait Renk Farkı Ölçümleri

EK 8 Difüzyon Fazı 95℃’ye Çıkarılan Sabunsuz Durulama Rejimine Ait ‘‘*Synozol Blue KBR’’* Boyalı Numunelerin Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş, Renk Farkı Ölçümü

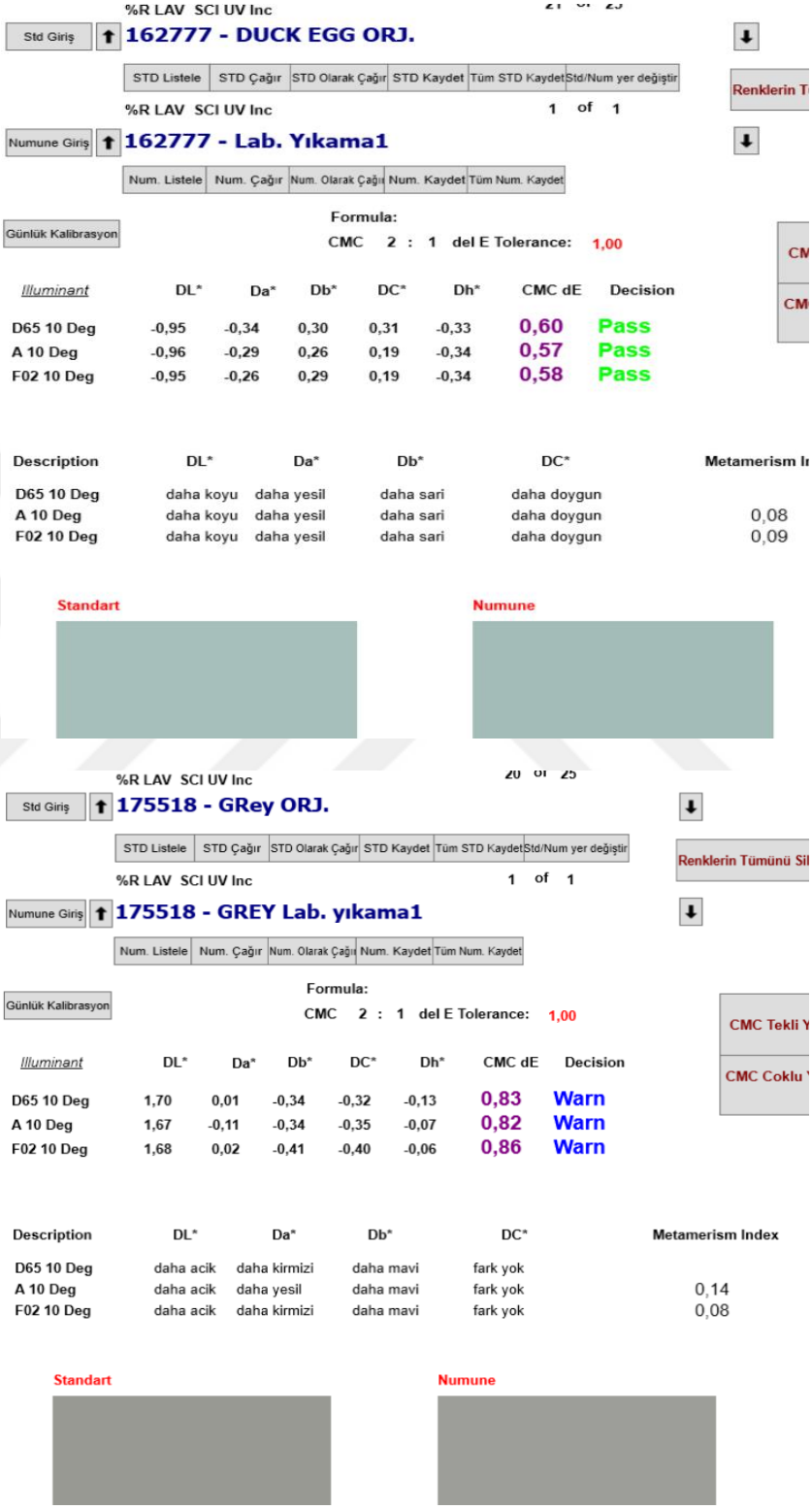
EK 9 Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş,‘‘Synozol Blue KBR*’’* Adlı Numunelerin Saf Su ve Yumuşak Su Nanobubble Yıkama Çalışmalarına Ait Renk Farkı Ölçümleri

EK 10 Araştılan Açık Ton (boyarmadde %0,5k.a.g. ve altında) Boyamaların, Yıkama Atık Sularına Ait Absorbans ve Transmitans Grafikleri

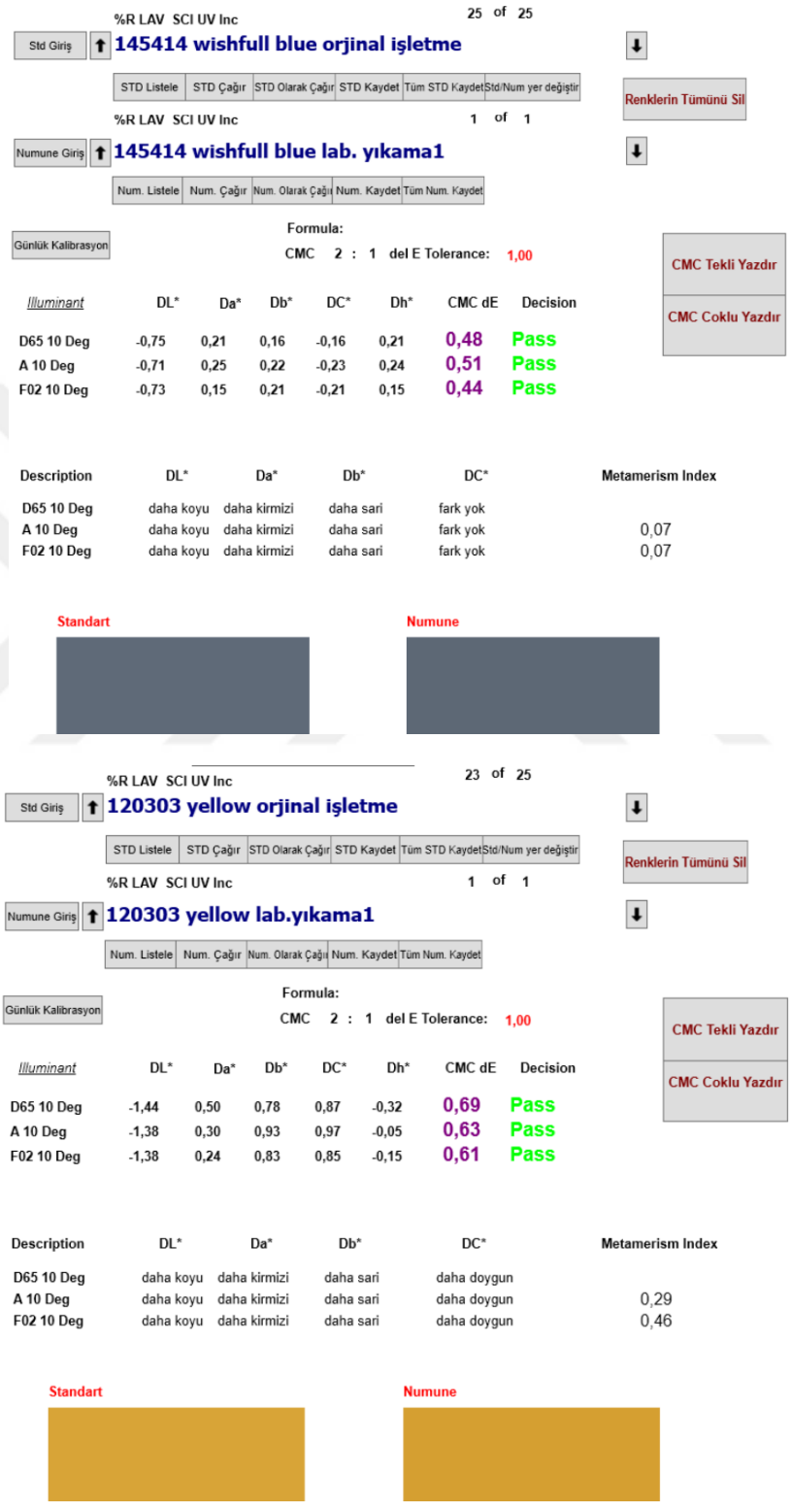
EK 11 Araştılan Orta Ton (boyarmadde %0,5-1,5k.a.g. arasında) Boyamaların, Yıkama Atık Sularına Ait Absorbans ve Transmitans Grafikleri

EK 12 Araştılan Koyu Ton (boyarmadde %1,5k.a.g. ve üzerinde) Boyamaların, Yıkama Atık Sularına Ait Absorbans ve Transmitans Grafikleri

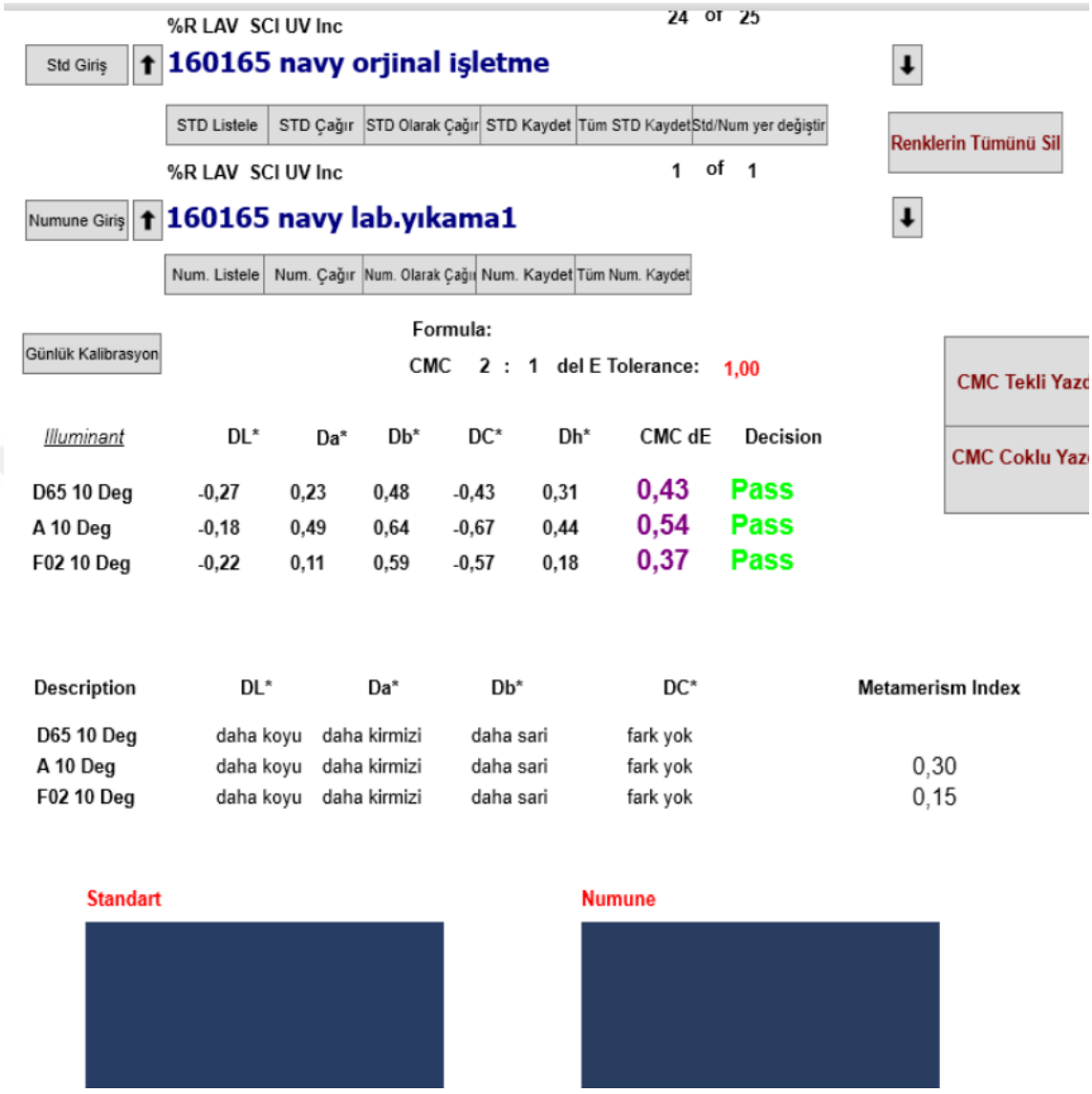
EK 1 ‘‘162777 Duck Egg’’, ‘‘175518 Grey’’adlı Atık Su ile Yıkama Proseslerinin, Konvansiyonel Proses Orijinal Kabul Edilmiş Renk Farklılığı Ölçümleri



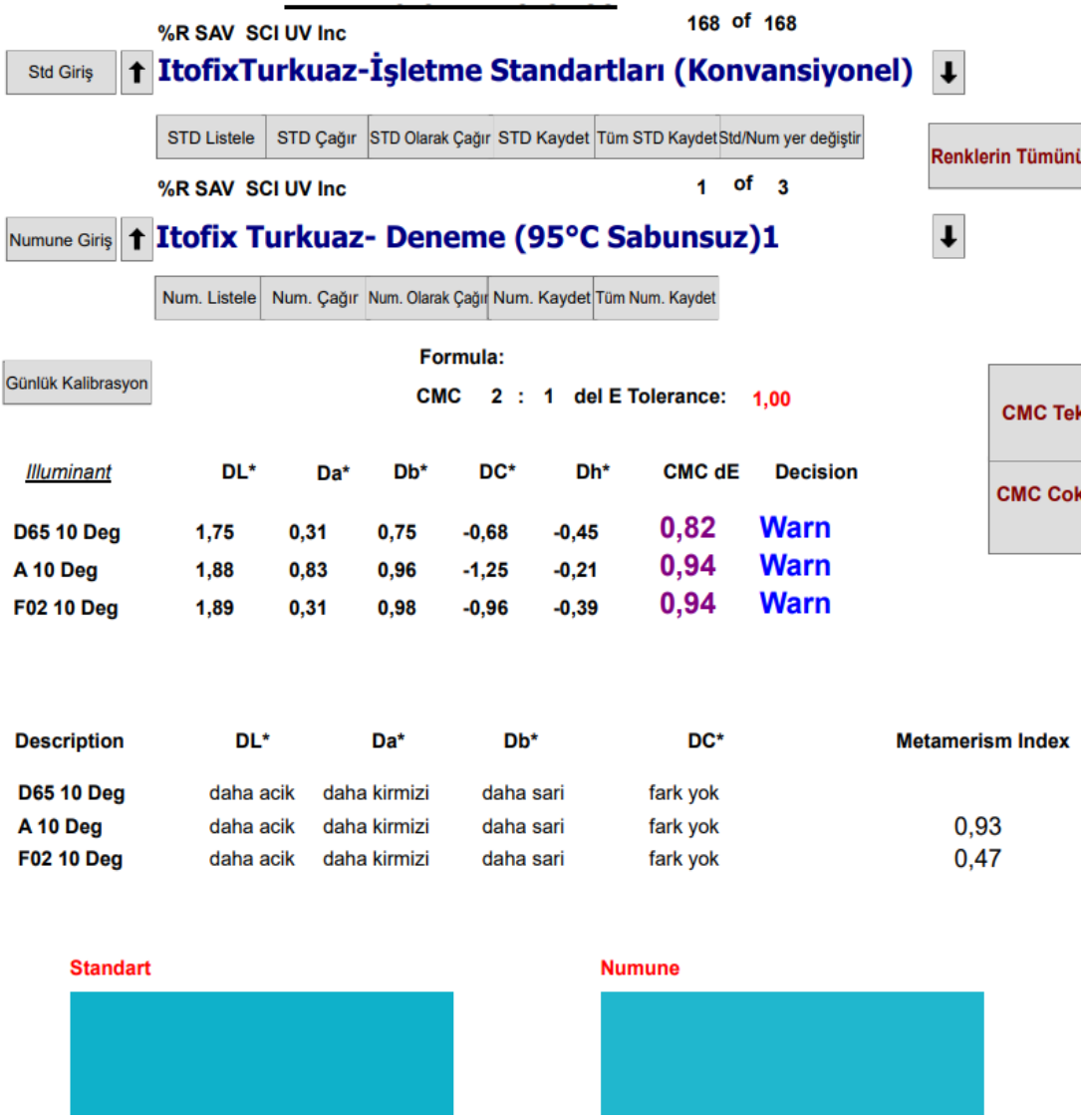
EK 2 ‘‘145414 Wisfulblue’’, ‘‘120303 Yellow’’adlı Atık Su ile Yıkama Proseslerinin, Konvansiyonel Proses Orijinal Kabul Edilmiş Renk Farklılığı Ölçümleri



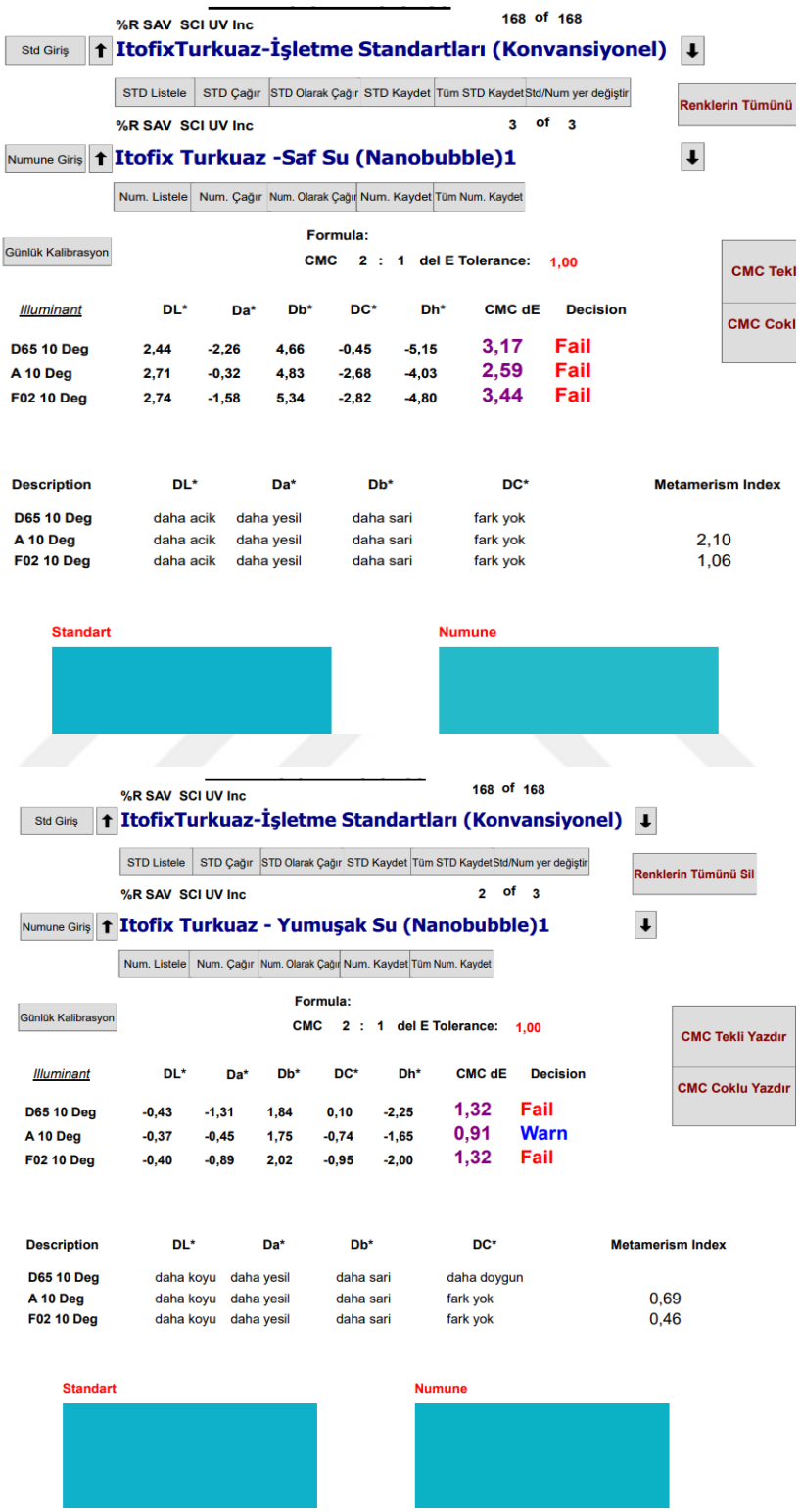
EK 3 ‘‘160165 Navy’’ Adlı Atık Su ile Yıkama Prosesinin, Konvansiyonel Proses Orijinal Kabul Edilmiş Renk Farklılığı Ölçümü



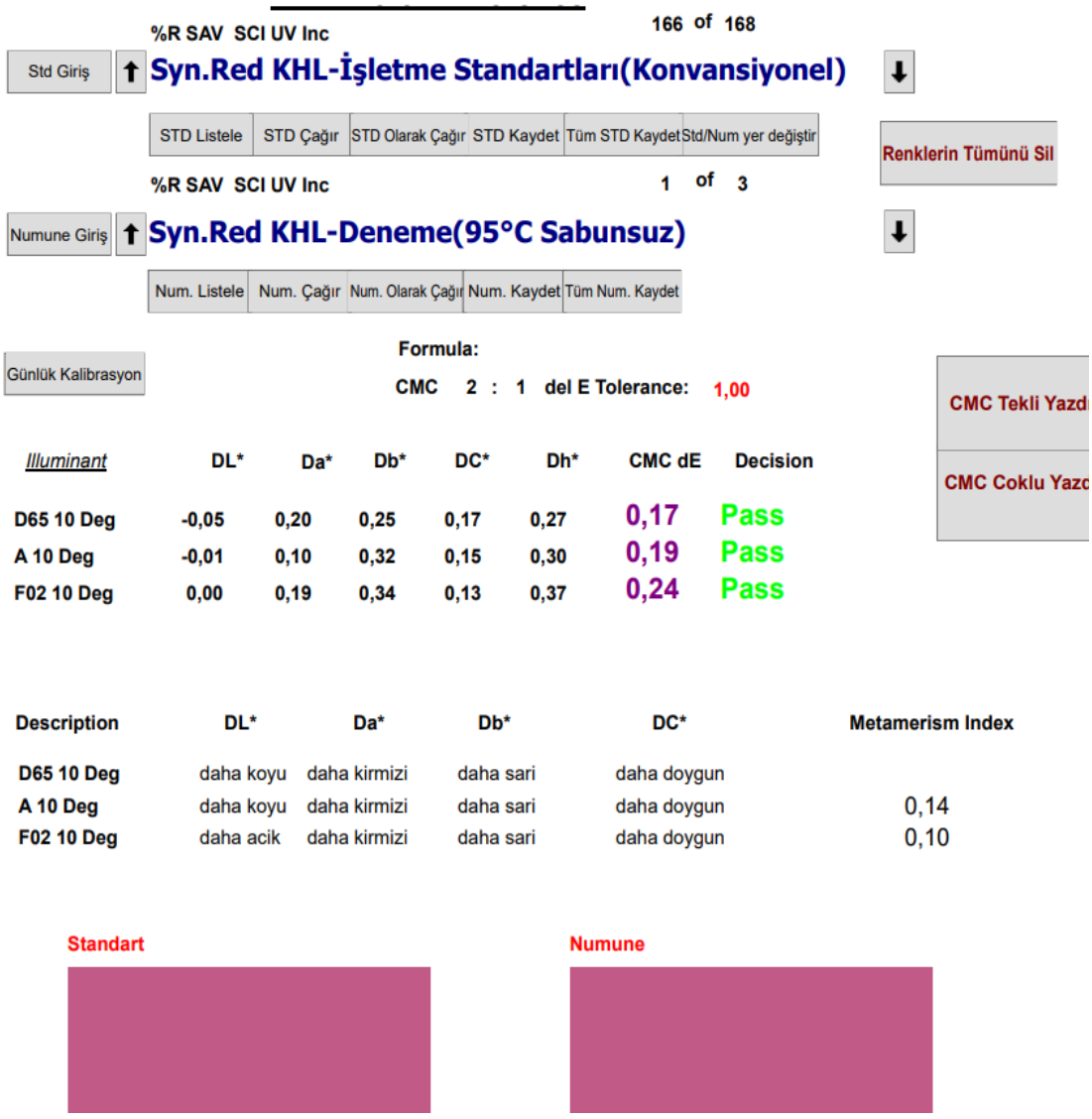
EK 4 Difüzyon Fazı 95°C'ye Çıkarılan Sabunsuz Durulama Rejimine Ait ''*Itofix Turquoise*'' Boyalı Numunelerin Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş, Renk Farkı Ölçümü



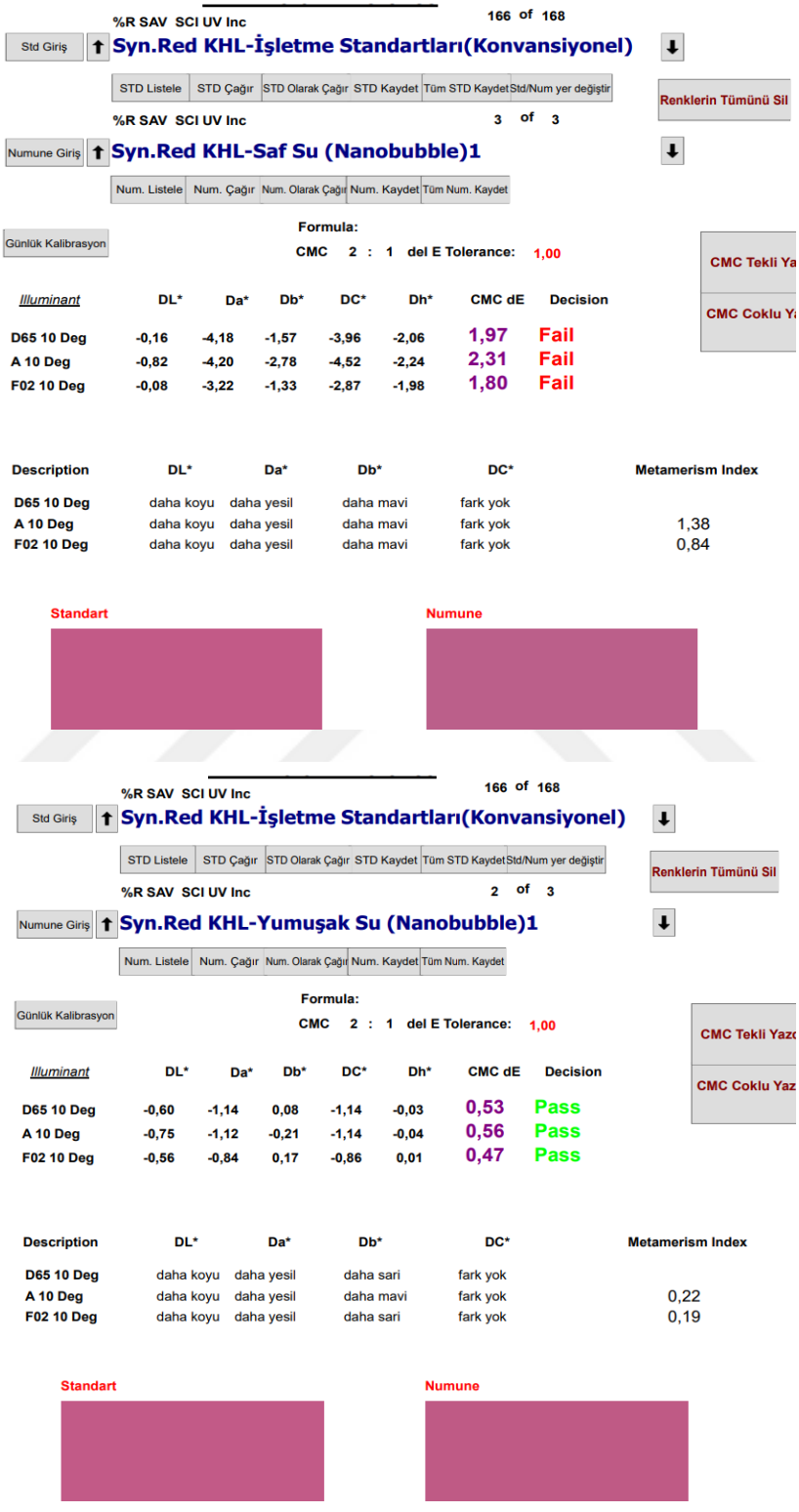
EK 5 Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş,‘‘*Itofix Turquoise*’’ Adlı Numunelerin Saf Su ve Yumuşak Su Nanobubble Yıkama Çalışmalarına Ait Renk Farkı Ölçümleri



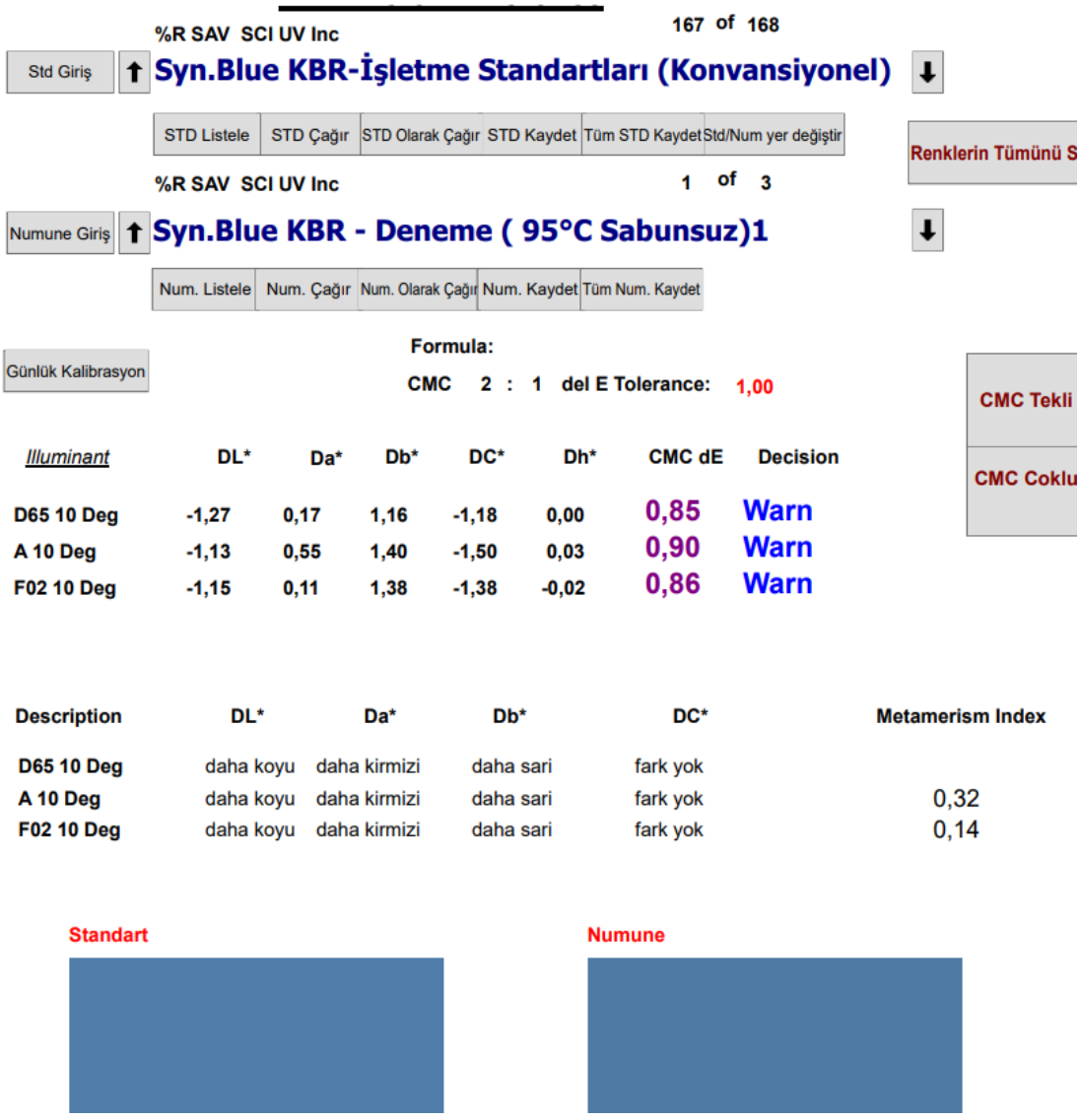
EK 6 Difüzyon Fazı 95°C'ye Çıkarılan Sabunsuz Durulama Rejimine Ait ''*Synozol Red KHL*'' Boyalı Numunelerin Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş, Renk Farkı Ölçümü



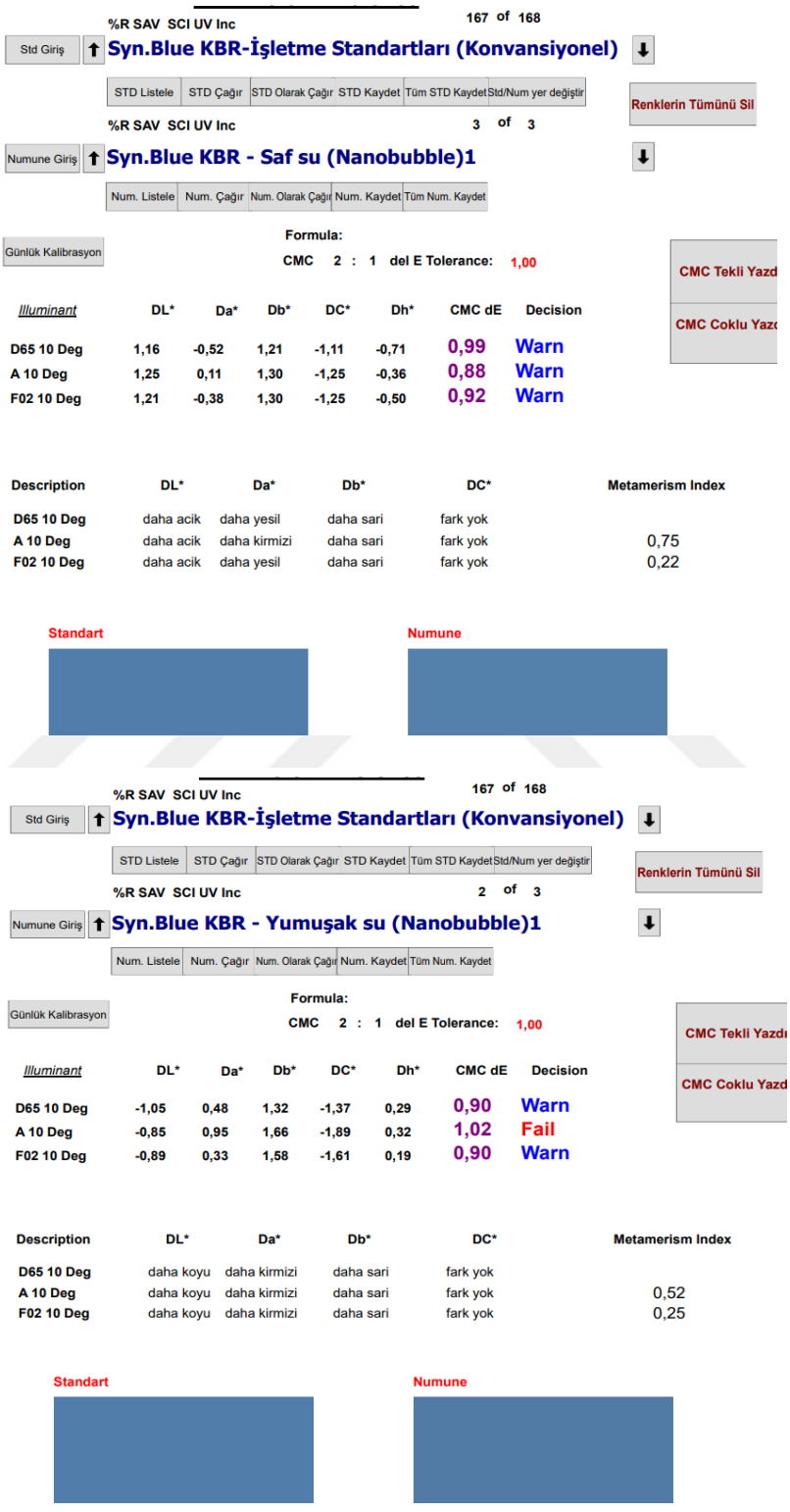
EK 7 Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş,''*Synozol Red KHL''* Adlı Numunelerin Saf Su ve Yumuşak Su Nanobubble Yıkama Çalışmalarına Ait Renk Farkı Ölçümleri



EK 8 Difüzyon Fazı 95°C'ye Çıkarılan Sabunsuz Durulama Rejimine Ait ''Synozol Blue KBR'' Boyalı Numunelerin Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş, Renk Farkı Ölçümü



EK 9 Konvansiyonel Yıkama Rejimi Orijinal Kabul Edilmiş,‘‘*Synozol Blue KBR’’* Adlı Numunelerin Saf Su ve Yumuşak Su Nanobubble Yıkama Çalışmalarına Ait Renk Farkı Ölçümleri



%R SAV SCI UV Inc 167 of 168

Std Giriş — Syn.Blue KBR-İşletme Standartları (Konvansiyonel)

STD Listele | STD Çağır | STD Olarak Çağır | STD Kaydet | Tüm STD Kaydet | Std/Num yer değiştir | Renklerin Tümünü Sil

%R SAV SCI UV Inc 3 of 3

Numune Giriş — Syn.Blue KBR - Saf su (Nanobubble)1

Num. Listele | Num. Çağır | Num. Olarak Çağır | Num. Kaydet | Tüm Num. Kaydet

Günlük Kalibrasyon

Formula: CMC 2 : 1 del E Tolerance: 1,00

CMC Tekli Yazd | CMC Coklu Yazd

Illuminant	DL*	Da*	Db*	DC*	Dh*	CMC dE	Decision
D65 10 Deg	1,16	-0,52	1,21	-1,11	-0,71	0,99	Warn
A 10 Deg	1,25	0,11	1,30	-1,25	-0,36	0,88	Warn
F02 10 Deg	1,21	-0,38	1,30	-1,25	-0,50	0,92	Warn

Description	DL*	Da*	Db*	DC*	Metamerism Index
D65 10 Deg	daha acik	daha yesil	daha sari	fark yok	
A 10 Deg	daha acik	daha kirmizi	daha sari	fark yok	0,75
F02 10 Deg	daha acik	daha yesil	daha sari	fark yok	0,22

Standart Numune

%R SAV SCI UV Inc 167 of 168

Std Giriş — Syn.Blue KBR-İşletme Standartları (Konvansiyonel)

STD Listele | STD Çağır | STD Olarak Çağır | STD Kaydet | Tüm STD Kaydet | Std/Num yer değiştir | Renklerin Tümünü Sil

%R SAV SCI UV Inc 2 of 3

Numune Giriş — Syn.Blue KBR - Yumuşak su (Nanobubble)1

Num. Listele | Num. Çağır | Num. Olarak Çağır | Num. Kaydet | Tüm Num. Kaydet

Günlük Kalibrasyon

Formula: CMC 2 : 1 del E Tolerance: 1,00

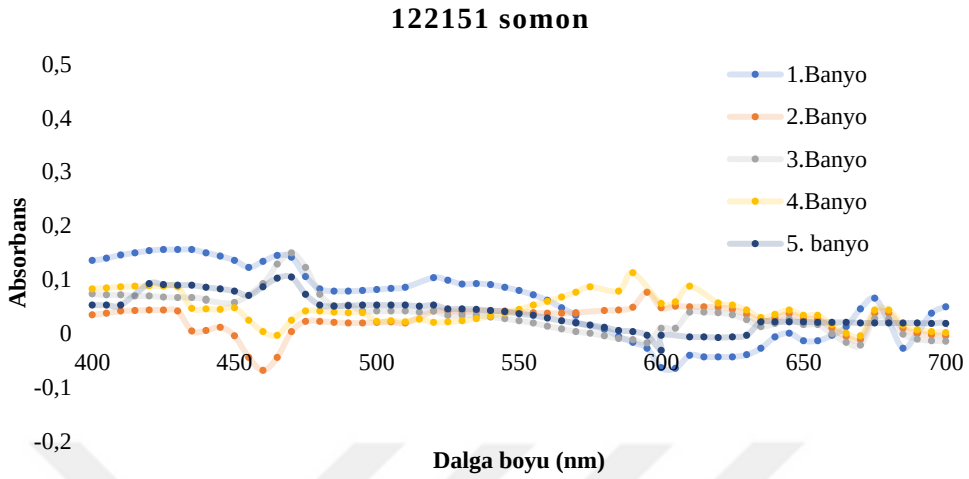
CMC Tekli Yazdı | CMC Coklu Yazd

Illuminant	DL*	Da*	Db*	DC*	Dh*	CMC dE	Decision
D65 10 Deg	-1,05	0,48	1,32	-1,37	0,29	0,90	Warn
A 10 Deg	-0,85	0,95	1,66	-1,89	0,32	1,02	Fail
F02 10 Deg	-0,89	0,33	1,58	-1,61	0,19	0,90	Warn

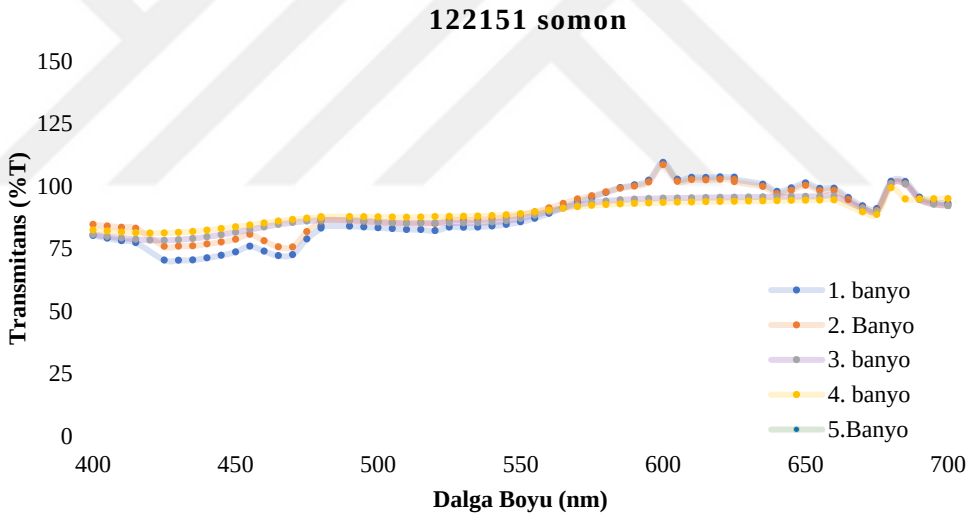
Description	DL*	Da*	Db*	DC*	Metamerism Index
D65 10 Deg	daha koyu	daha kirmizi	daha sari	fark yok	
A 10 Deg	daha koyu	daha kirmizi	daha sari	fark yok	0,52
F02 10 Deg	daha koyu	daha kirmizi	daha sari	fark yok	0,25

Standart Numune

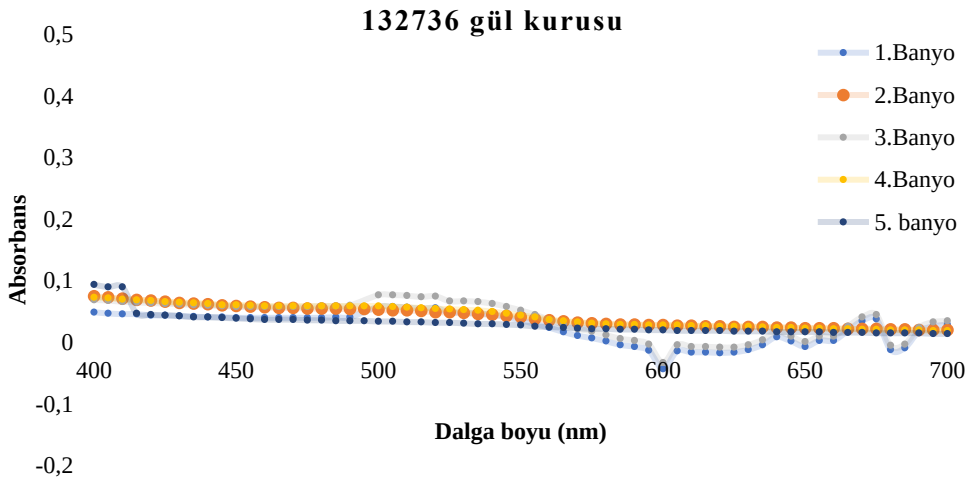
EK 10 Araştılan Açık Ton (boyarmadde %0,5 k.a.g. ve altında) Boyamaların, Yıkama Atık Sularına Ait Absorbans ve Transmitans Grafikleri



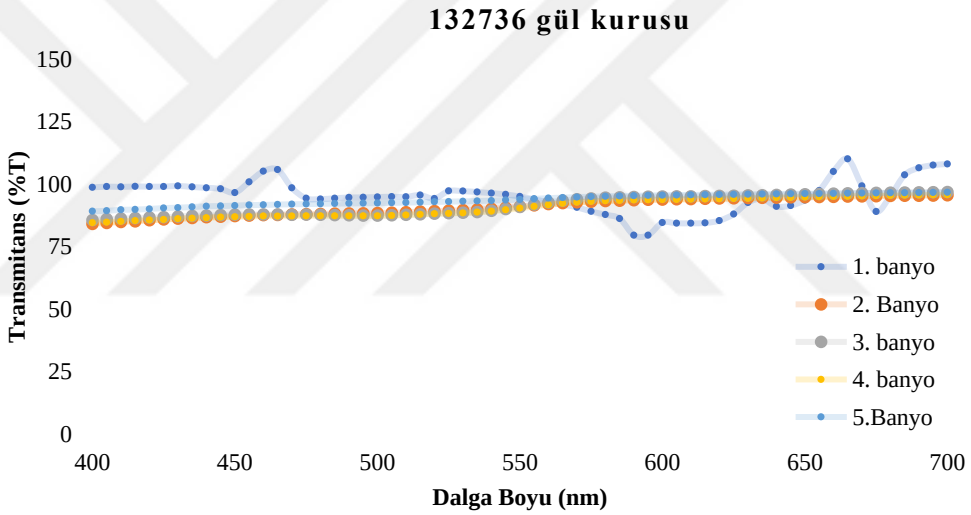
‘‘122151 somon’’ adlı boyama çalışmasına ait yıkama atık suyu absorbans eğrisi



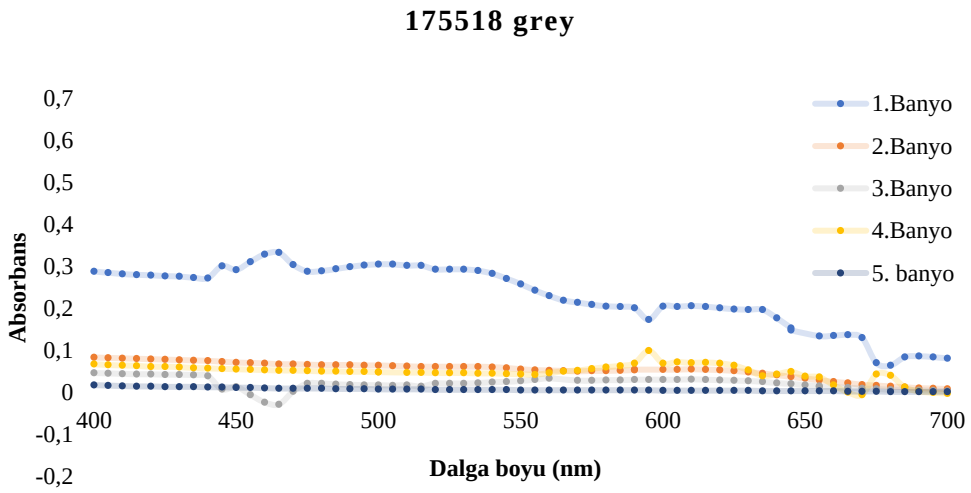
‘‘122151 somon’’ adlı boyama çalışmasına ait yıkama atık suyu transmitans eğrisi



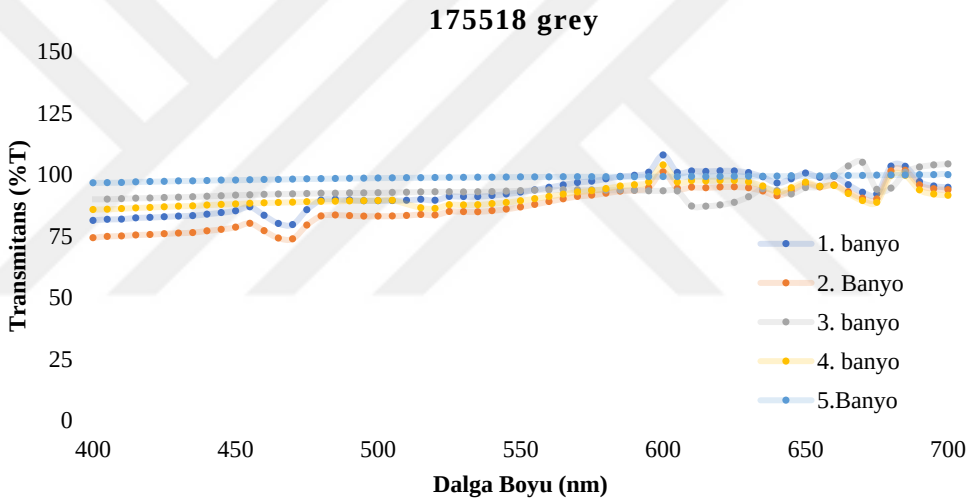
"132736 gül kurusu" adlı boyama çalışmasına ait yıkama atık suyu absorbans eğrisi



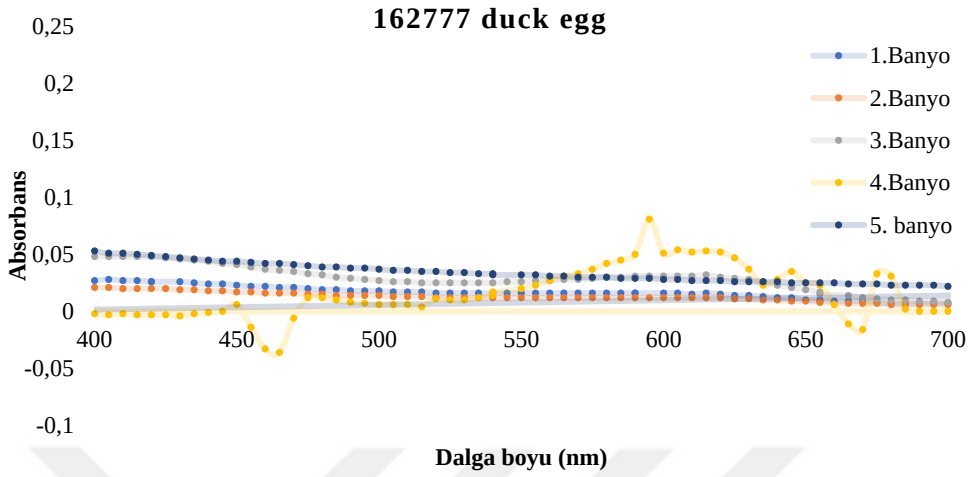
"132736 gül kurusu" adlı boyama çalışmasına ait yıkama atık suyu transmitans eğrisi



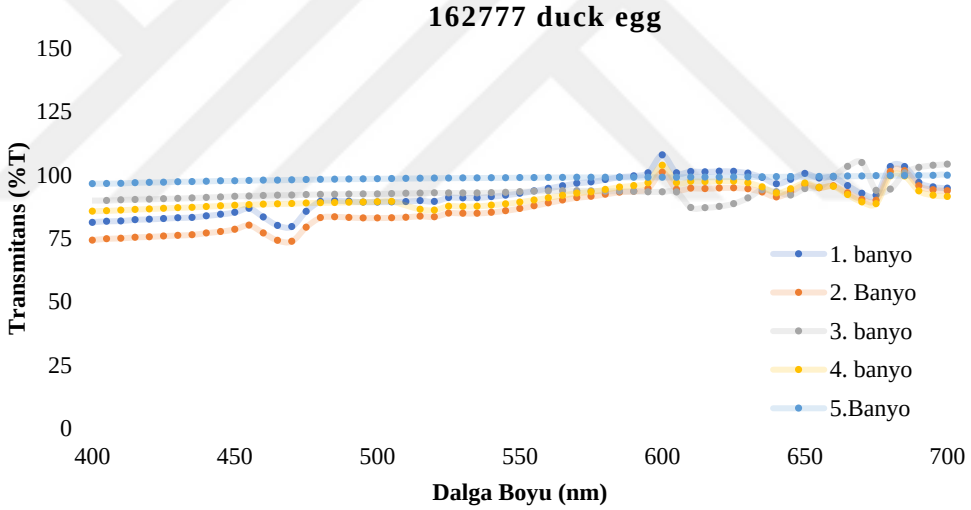
‘‘175518 grey’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi



‘‘175518 grey’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi

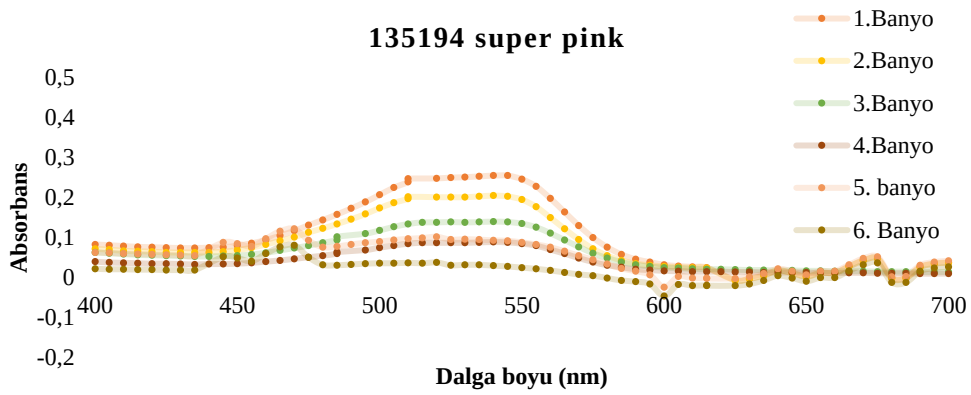


‘‘162777 duck egg’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi

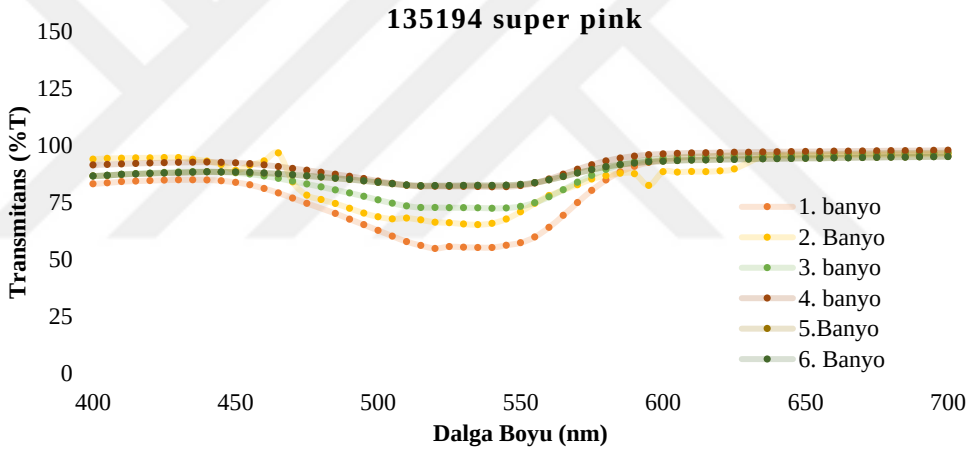


‘‘162777 duck egg’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi

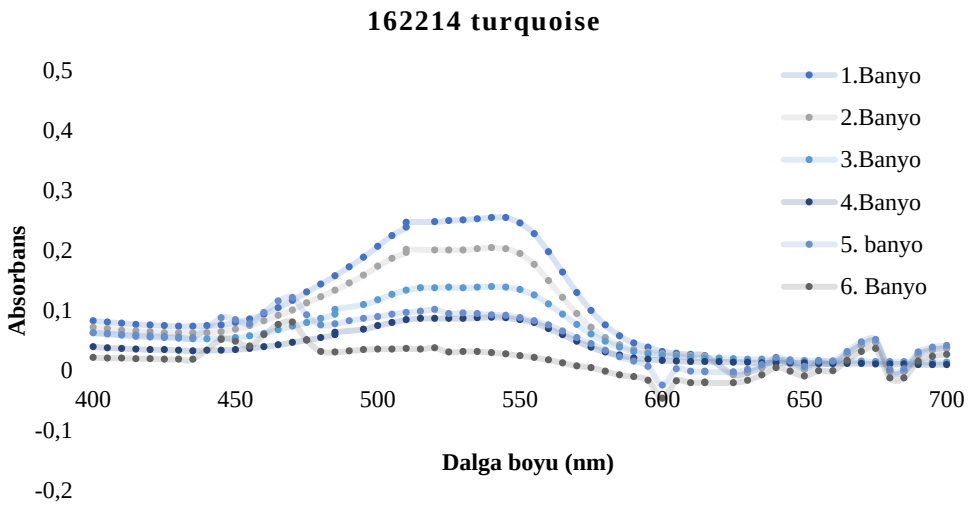
EK 11 Araştılan Orta Ton (boyarmadde %0,5-1,5k.a.g. arasında) Boyamaların, Yıkama Atık Sularına Ait Absorbans ve Transmitans Grafikleri



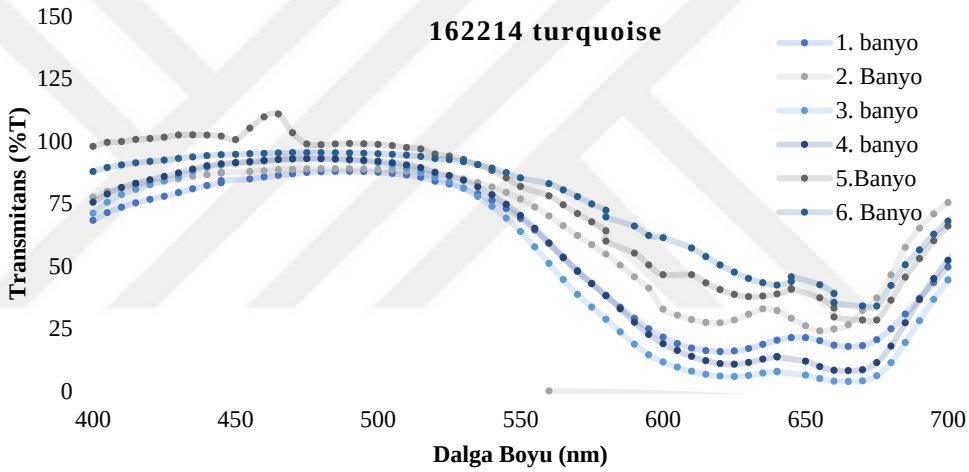
‘‘135194 super pink’’adlı boyamanın yıkama atıksularına ait absorbans eğrisi



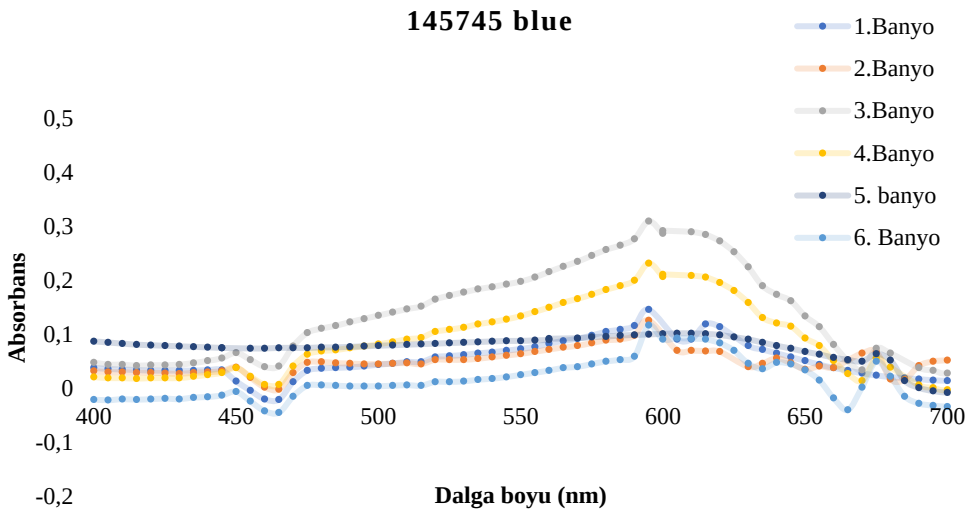
‘‘135194 super pink’’adlı boyamanın yıkama atıksularına ait transmitans eğrisi



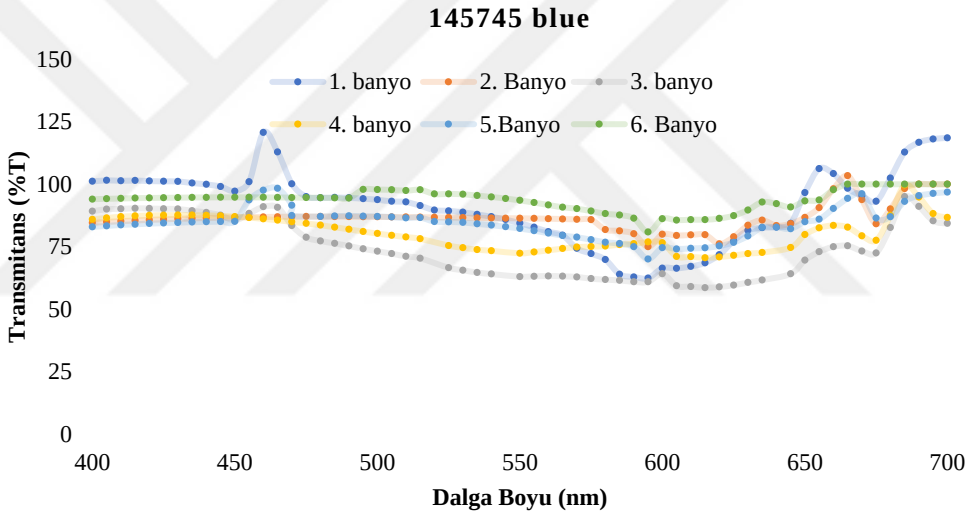
‘‘162214 turquoise’’adlı boyamanın yıkama atıksularına ait absorbans eğrisi



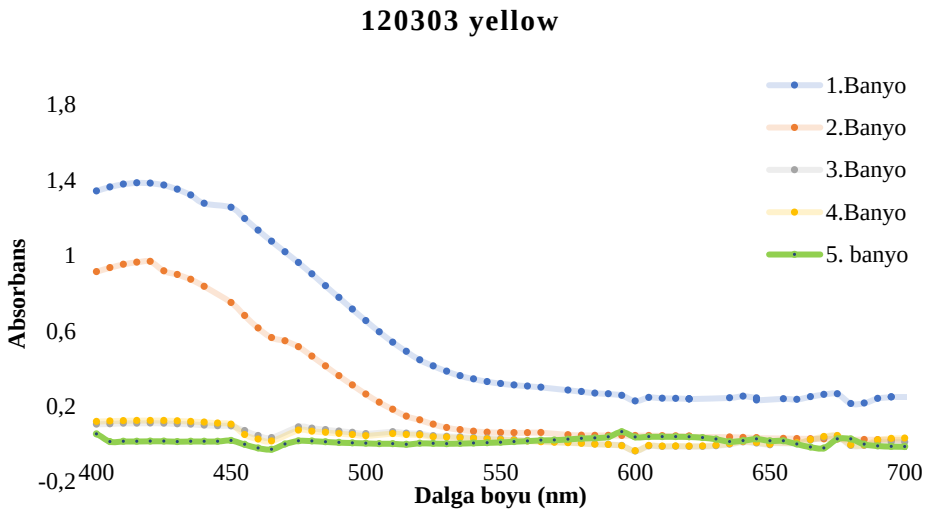
‘‘162214 turquoise’’adlı boyamanın yıkama atıksularına ait transmitans eğrisi



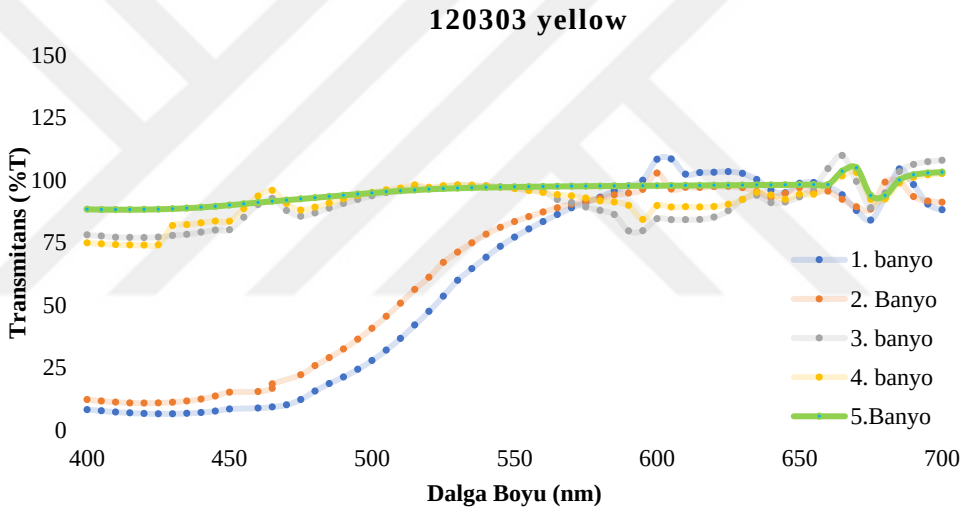
‘‘145745 blue’’adlı boyamanın yıkama atıksularına ait absorbans eğrisi



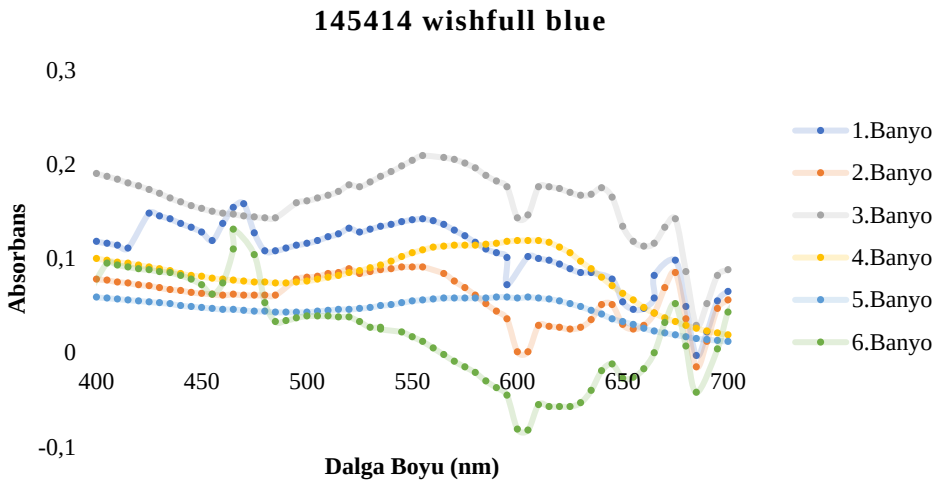
‘‘145745 blue’’adlı boyamanın yıkama atıksularına ait transmitans eğrisi



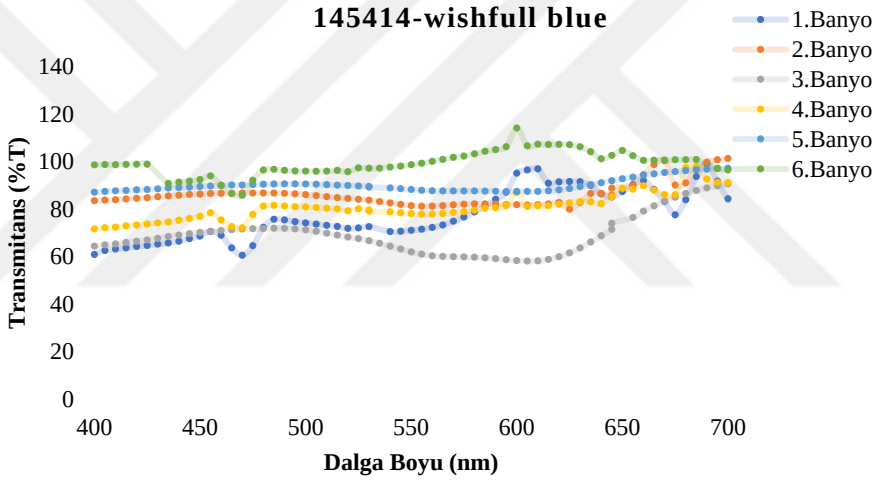
"120303 yellow" adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi



"120303 yellow" adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi

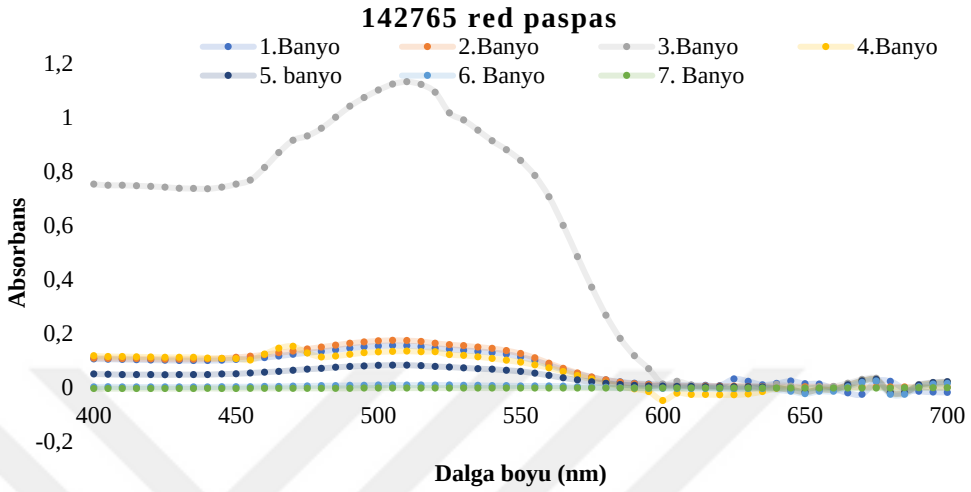


"145414 wishfulblue" adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi

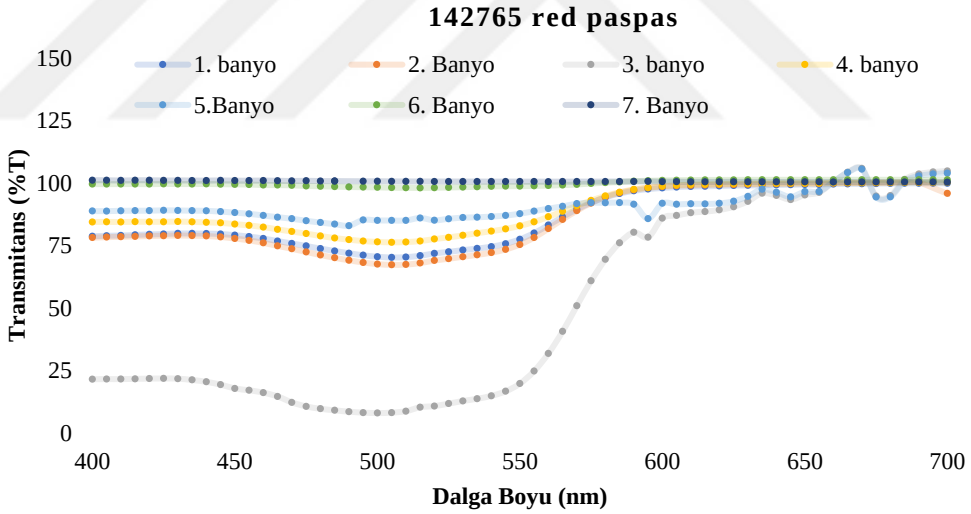


"145414 wishfulblue" adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi

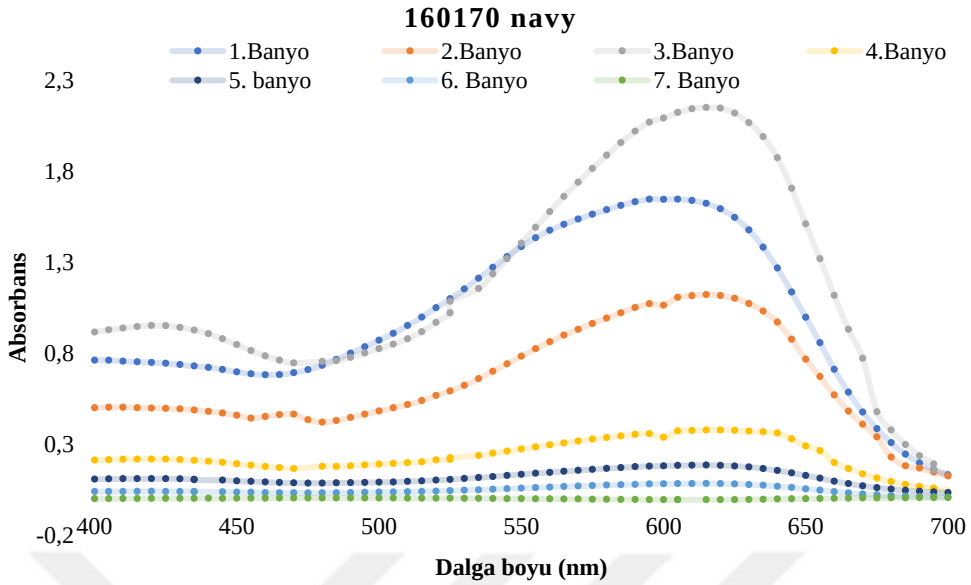
EK 12 Araştılan Koyu Ton (boyarmadde %1,5k.a.g. ve üzerinde) Boyamaların, Yıkama Atık Sularına Ait Absorbans ve Transmitans Grafikleri



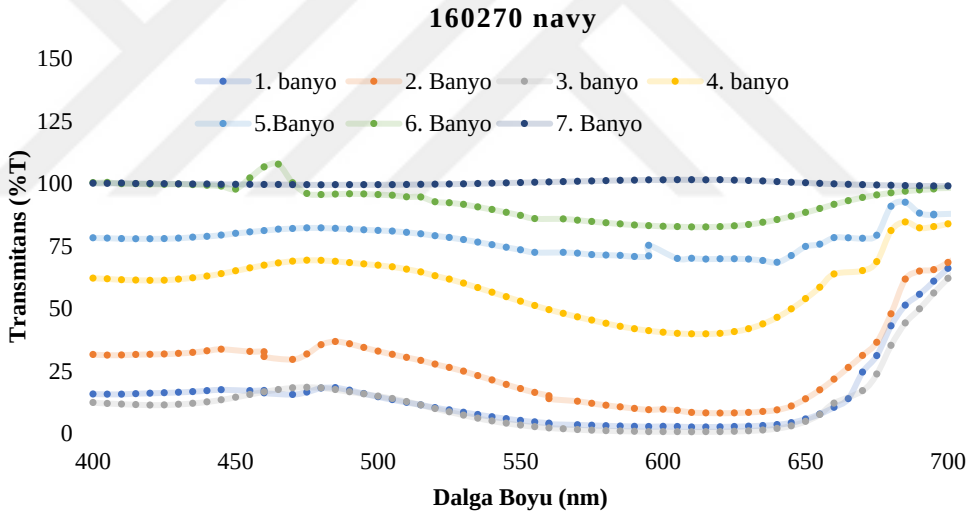
‘‘142765 red paspas’’adlı boyama çalışmasının , yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi



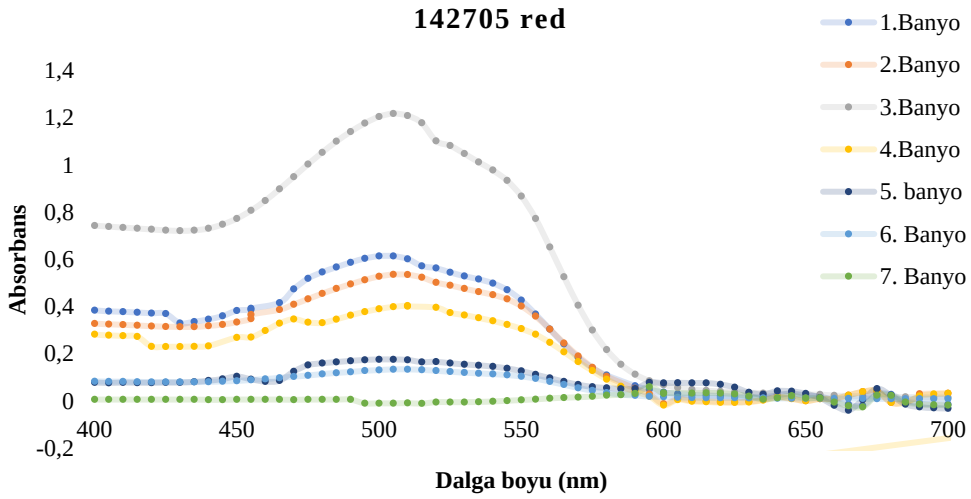
‘‘142765 red paspas’’adlı boyama çalışmasının , yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi



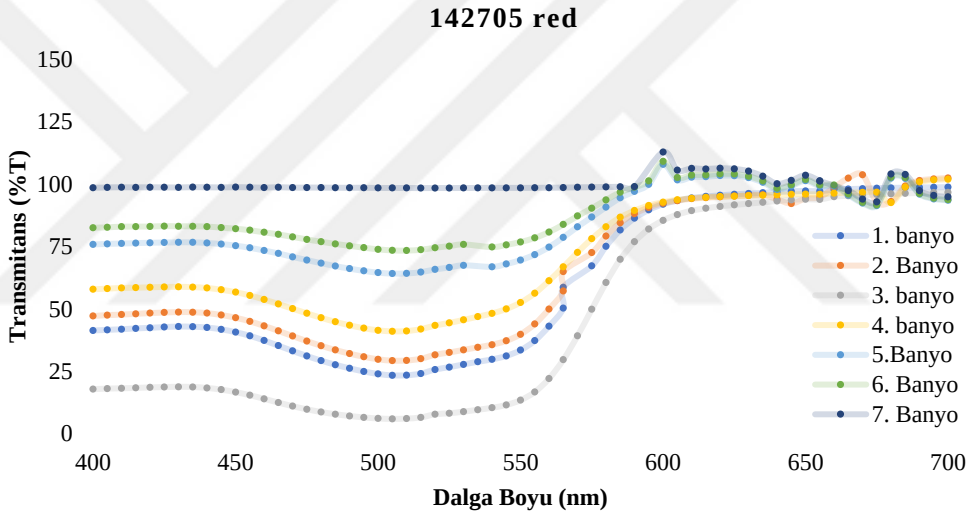
‘‘160170 navy’’adlı boyama çalışmasının , yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi



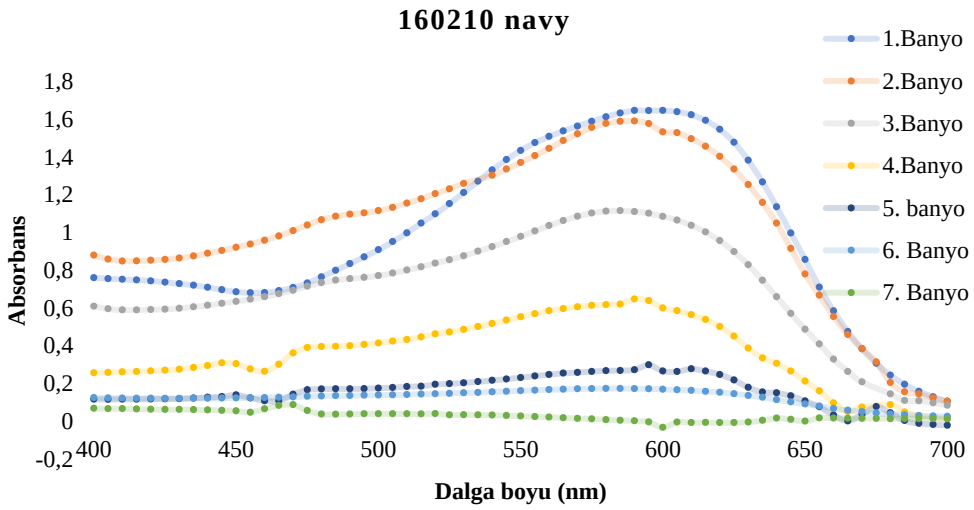
‘‘160170 navy’’adlı boyama çalışmasının , yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi



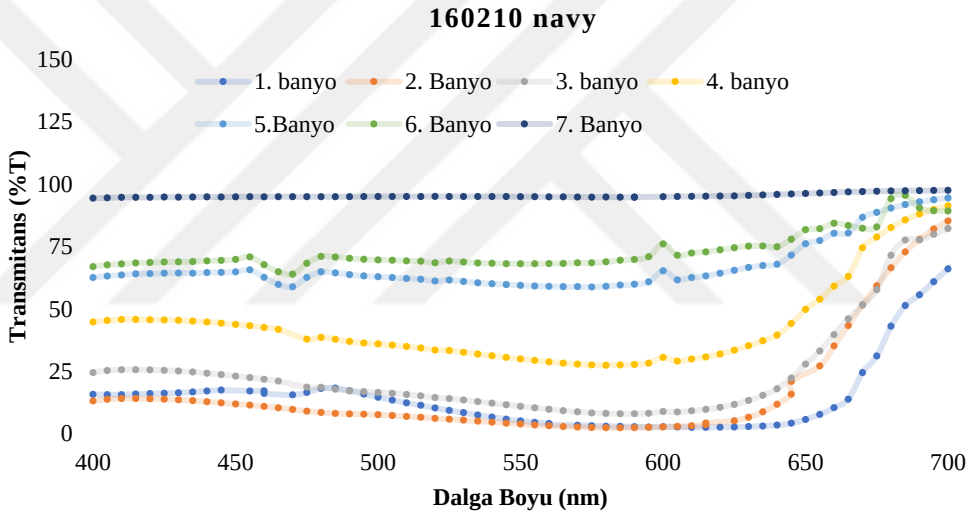
‘‘142705 red ’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi



‘‘142705 red ’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi



‘‘160210 navy’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait absorbans eğrisi



‘‘160210 navy’’ adlı boyama çalışmasının, yıkama atık sularına ait transmitans eğrisi

Bu tez, TÜBİTAK TEYDEP 1505 – Üniversite – Sanayi İşbirliği Destek Programı kapsamında, "Yeni ve Çevreci Teknolojilerin Reaktif Boyama Sonrası Yıkamalarda ve Atık Suyun Dekolorizasyonunda kullanımı" adlı projenin 2. işpaketi kapsamında yapılmıştır.