

Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC Direktifi İle Uyum Çalışmaları: BAT Uygulamaları

Proje No: 105Y088

Prof.Dr. Ülkü Yetiş
Prof. Dr. Filiz B. Dilek
Prof. Dr. Göksel N. Demirer
Prof. Dr. Levent Yılmaz
Doç. Dr. Mehmet Kitiş
Dr. Merih Kerestecioğlu
Veysel Aslan
Ahmet Rıfat İlhan
Yavuz Gördük
Murat Ersin şahin
Abdullah Yenigün
Teoman Sanalan
Ece Tok

MART 2008

ANKARA

ÖNSÖZ

Bu proje, Avrupa Birliği IPPC (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü) Direktifi'nin Türkiye'de ilk pilot ölçek uygulamasıdır. Tekstil sektöründe gerçekleştirilen bu uygulama projesi kapsamında büyük ölçekte bir tekstil işletmesinde IPPC Direktifi çerçevesinde "Mevcut En İyi Teknikler (Best Available Techniques)" belirlenmiş ve hayata geçirilmiştir. Bu proje TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

TABLolar DİZİNİ	III
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
KISALTMALAR	X
TEŞEKKÜR	XI
ÖZET	1
ABSTRACT.....	1
1.1. PROJENİN AMACI VE KAPSAMI	8
2.1. ENVANTER ÇALIŞMALARI VE PROJE ÇALIŞTAYLARI	12
2.1.1. <i>Proje Açılış Çalıştayı</i>	14
2.1.2. <i>Proje Kapanış Çalıştayı</i>	16
2.1.3. <i>Proje Web Sayfası</i>	18
2.1.4. <i>Anket Çalışmaları</i>	19
2.2. ORTA ANADOLU TESİSİNİN TANITIMI.....	24
2.2.1. <i>Orta Anadolu Proseslerin Tanımlanması</i>	24
2.2.2. <i>Pamuk ve Pamuk Deposu</i>	25
2.2.3. <i>İplik Üretimi</i>	26
2.2.4. <i>Boyama Prosesi</i>	31
2.2.5. <i>Haşıl Prosesi</i>	38
2.2.6. <i>Dokuma</i>	39
2.2.3. <i>Kimyasal Deposu ve Laboratuvar</i>	47
2.3. TESİSLE BREF TEKSTİL DOKÜMANININ KARŞILAŞTIRILMASI	49
2.4. TESİSTE UYGULAMAYA KONULAN BAT ÖNLEMLERİ.....	52
2.5. ORTA ANADOLU'DA SU KULLANIMI VE ENERJİ KULLANIMI	53
2.5.1. <i>Genel Su Kullanımı</i>	53
2.5.2. <i>Genel Enerji Tüketimi</i>	55
3. ATIKSU VE SU YÖNETİMİ ÇALIŞMALARI	58
3.1. GİRİŞ	58
3.2. ATIKSU KARAKTERİZASYON ÇALIŞMALARI	59
3.2.1. <i>Metodoloji</i>	60
3.2.2. <i>Analitik Yöntemler</i>	61
3.2.3. <i>Boyama Prosesi Atıksu Karakterizasyon Çalışması Sonuçları</i>	61
3.2.4. <i>Terbiye Prosesi Atıksu Karakterizasyon Çalışması Sonuçları</i>	66
3.2.5. <i>Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) Girişi Atıksu Karakterizasyon Çalışması Sonuçları</i>	68
3.2.6. <i>İyon Değiştirici ve Ters Ozmoz Sistemi Atıksuları</i>	72
3.3. SU GERİ KAZANIM ÇALIŞMALARI	72
3.3.1. <i>En Yüksek Konsantrasyon İndigo Uygulaması Yapılan Boyama Atıksuyu Geri Kazanım Çalışmaları</i>	73
3.3.2. <i>En Çok Uygulanan Üç Boyama Reçetesine Ait Karışım Atıksuyu ile Geri Kazanım Çalışmaları</i>	88
3.3.3. <i>En Çok Uygulanan Üç Boyama Reçetesine Ait Karışım Atıksuyu ile Ozonlama Çalışmaları</i>	112
3.3.4. <i>Boyama Atıksuyu ile Fenton Çalışmaları</i>	123
3.4. TESİS ATIKSUYU ARITILABİLİRLİK ÇALIŞMALARI	125
3.4.1. <i>Tesise Ait Toplam Atıksuyun Geri Kullanım Amaçlı Biyolojik Arıtlabilirliğine Yönelik Çalışmalar</i>	126
3.4.2. <i>Membran Biyoreaktör (MBR) Çalışmaları</i>	139
3.4.3. <i>Tesis İçi Önlemler Alınmadan Önceki Tesis Atıksuyu ile Ozonlama Çalışmaları</i>	172
3.4.4. <i>Tesis İçi Önlemler Alındıktan Sonraki Tesis Atıksuyunda Ozonlama Çalışmaları</i>	179
3.4.5. <i>Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunda Ozonlama Çalışmaları</i>	184
3.4.6. <i>Fabrika Çıkış Atıksuyuna Fenton Uygulaması</i>	187
3.4.7. <i>Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularına Fenton Uygulaması – Yeniden kullanılabilirliğin değerlendirilmesi</i>	188
3.4.8. <i>Farklı Tarihlerde Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyundan Alınan Numunelere Fenton ve Mikrofiltrasyon Uygulaması</i>	192

3.4.9. Atksu Biyolojik Parçalanabilirlik Deneyleri	194
3.5. TERBİYE PROSESİNDE KOSTİK GERİ KAZANIMI ÇALIŞMALARI	206
3.5.1. Yöntem	208
3.5.2. Kostik Geri Kazanımında NF Sonuçları	210
3.6. KİMYASAL DEĞİŞİMİ VE BİYOLOJİK PARÇALANABİLİRLİK ÇALIŞMALARI	214
3.6.1. Giriş	214
3.6.2. Yöntem	216
3.6.3. Sonuçlar ve Değerlendirmeler	224
3.6.4. Genel Değerlendirmeler	245
4. ÇEVRESEL RİSK ANALİZİ ÇALIŞMALARI.....	247
4.1. ÖN ÇALIŞMA	247
4.1.1. Olası Tehlikeler ve Proses Çalışması	248
4.1.2. Matriks Yöntemi	248
4.1.3. Hata Biçimleri ve Etki Analizi	249
4.1.4. Denetim Listesi Analizi	250
4.1.5. “Eğer...” Analizi	250
4.1.6. Ağaç Yapılı Metotlar	251
4.2. METODOLOJİ	251
4.3. RİSK MATRİKSİ	253
4.4. ETKİ ALANI İNCELEMESİ	256
4.4.1. Modelleme Sonuçları	257
4.5. RİSK ANALİZİ DEĞERLENDİRMESİ	277
5. SU VE ENERJİ KULLANIMINDA GELİNEREN SON NOKTA	278
5.1. SU TÜKETİMİ:	278
5.1.1. Boyama	280
5.1.2. Terbiye	281
5.2. ENERJİ TÜKETİMİ	285
5.2.1. Boyama	290
5.2.2. Terbiye	293
6. FAYDA/MALİYET ANALİZİ	299
6.1. METODOLOJİ	300
6.2. TEKSTİL ATIKSUYU ARITIMINDA KULLANILAN ALTERNATİF TEKNOLOJİLER VE MALİYETLERİ	301
6.2.1. Aktif Çamur Prosesi	302
6.2.2. İleri Oksidasyon Prosesleri	307
6.2.3. Membran Prosesleri	312
7. DİĞER ATIKLAR	318
7.1. KATI ATIKLAR	319
7.2. HAVA EMİSYONLARI	321
8. SONUÇLAR	321
9. REFERANSLAR.....	323

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Anket çalışmasına katılan tekstil fabrikalarının dağılımı ve toplam üretim kapasiteleri.....	19
Tablo 2. Tekstil sektörü personel sınıflandırması	22
Tablo 3. Personel sayısı dağılımı.....	22
Tablo 4. İl bazında personel dağılımı	23
Tablo 5. Günlük üretim 10 tonun üzerinde üretim yapan firma yüzdesi	23
Tablo 6. Boyama Prosesi için Genel Çevresel Değerlendirme	36
Tablo 7. Boyama türüne göre uygulanan reçeteler.....	45
Tablo 8. Kimyasal Depo Adı ve İçindeki Kimyasal Miktarları	47
Tablo 9. BREF Tekstil Dokümanı referans alınarak belirlenen 9 adet temiz üretim önerisi	50
Tablo 10. Tekstil Atıksuları için İngiliz Tekstil Teknoloji Grubu suyun yeniden kullanımı kriterleri	61
Tablo 11. Fabrikada uygulanan boyama prosesinde uygulanan örnek boyama reçetelerinin karakterizasyonu.	64
Tablo 12. Aynı tür indigo boyama işlemi için yıkama suyu karakterizasyonlarının karşılaştırması.....	65
Tablo 13. Terbiye Bölümü Makine 4 ve Makine 5' te Denim Mercerize İşlemi Makine Çıktıları ve Ana Atık Su Hattı Analizi Maksimum, Minimum ve Ortalama Değerleri.....	66
Tablo 14. Makine 5 Denim Mercerize Prosesi Analiz Ortalama Değerleri.....	67
Tablo 15. Arıtma Tesisi Giriş Suyu Karakterizasyonu.....	70
Tablo 16. Arıtma Tesisi Giriş Suyu Karakterizasyonu (Tesis İçi Önlemlerin Etkileri).....	71
Tablo 17. Tekstil atıksuları için geri kullanım kriterleri.....	73
Tablo 18. İndigo boyama prosesi arka yıkama işleminden alınan S1 ve S2 atıksularının karakterizasyonu.....	74
Tablo 19. Yeniden kullanılabilir su limit değerleri	76
Tablo 20. Yatay akışlı UF deneylerinde kullanılan membranların karakteristikleri	77
Tablo 21. UF deneylerinde kararlı koşullar altında elde edilen % toplam iletkenlik, renk ve KOİ giderimleri... ..	82
Tablo 22. UF membranlarının akı azalması, kazanımı ve geri dönüşümsüz tıkanma değerleri	82
Tablo 23. NF membranlarının performanslarının durağan koşullarda karşılaştırılması.....	84
Tablo 24. NF membranlarının durağan koşullarda tıkanma performansları	84
Tablo 25. NF 270 membranının performansına pH'nın (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması.....	85
Tablo 26. NF 270 membranı tıkanma performansına iki farklı pH'daki atıksuyun (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması	86
Tablo 27. NF 270 membran performansına (durağan koşullarda) iki farklı ön filtrasyon alternatifinin etkisinin karşılaştırılması	86
Tablo 28. NF 270 membranı tıkanma performansına iki farklı ön filtrasyon alternatifinin (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması.....	87
Tablo 29. Farklı iki konsantrasyondaki atıksuyun NF 270 membranı performansına (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması.....	87
Tablo 30. Farklı iki konsantrasyondaki atıksuyun NF 270 membranı tıkanma performansına (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması.....	88
Tablo 31. İndigo boyama yıkama atıksuyu karakterizasyon değerleri.....	89
Tablo 32. Koagülasyon Deney Koşulları	90
Tablo 33. Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	93
Tablo 34. FeCl ₃ .6H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	94
Tablo 35. Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	95
Tablo 36. FeCl ₃ .6H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	96
Tablo 37. Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	97
Tablo 38. FeCl ₃ .6H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	98
Tablo 39. Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	99
Tablo 40. FeCl ₃ .6H ₂ O için optimum koagülan doz deney sonuçları.....	100
Tablo 41. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri	102
Tablo 42. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri	104
Tablo 43. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri	105
Tablo 44. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri	106
Tablo 45. Farklı basınçlarda Renk ve KOİ giderimler (P ₁ = 0.7 bar, P ₂ = 3 bar)	107
Tablo 46. MF+UF uygulamasından geçen karışım atıksuyunun karakteristikleri (P= 4 bar)	108
Tablo 47. Süzüntü suyu karakteristikleri.....	110
Tablo 48. Süzüntü suyu karakteristikleri.....	111
Tablo 49. Boyama Prosesi Karışım Atıksuyu Karakteristiği.....	113
Tablo 50. Boyama atıksuyundaki ozonlama çalışmalarında kullanılan ozon miktarı.....	117
Tablo 51. Beş farklı dozdaki ozon kullanım oranları.....	117

Tablo 52. Boyama atıksuyunda kullanılan ozon/giderilen KOİ oranı.....	119
Tablo 53. Boyama atıksuyunda ozonlama yöntemiyle renk ve KOİ yüzde giderimler	120
Tablo 54. Boyama hattı atıksuyu numune özellikleri	124
Tablo 55. Boyama hattı atıksuyu için fenton oksidasyonu ile elde edilen KOİ ve renk giderimi	125
Tablo 56. Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi kanalizasyon deşarj kriterleri.....	126
Tablo 57. Atıksu arıtma tesisi tasarım kriterleri	127
Tablo 58. Tesise ait arıtma tesine gelen atıksuyun özellikleri.....	129
Tablo 59. Biyolojik reaktöre ait performans verileri	135
Tablo 60. NF prosesinde atıksu giriş ve çıkış karakteristikleri.....	136
Tablo 61. MBR sistemi işletiminde ölçümü yapılan parametreler, ölçüm noktaları ve ölçüm sıklıkları (tüm numuneler anlık olarak alınmıştır)	143
Tablo 62. Tüm işletim boyunca giriş atıksuyu analiz sonuçları.....	156
Tablo 63. MBR sisteminde proje boyunca elde edilen çıkış suyu kalite değerleri	170
Tablo 64. Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyu Karakteristiği.....	172
Tablo 65. Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda Değişik Dozlarda Renk ve KOİ Giderimi.....	174
Tablo 66. Önlem Öncesi Atıksuda Yapılan Ozonlama Deneylerinde BOİ/KOİ Oranları.....	176
Tablo 67. Tesis İçi Önlem Öncesi Atıksuda Yapılan Ozonlama Deneylerinde İletkenlik Değerleri	176
Tablo 68. Önlem Öncesi Atıksuda Yapılan Ozonlama Deneylerinde(Ozon+H2O2) BOİ/KOİ Oranları.....	178
Tablo 69. Önlem Öncesi ve Önlem Sonrası Atıksu Dağılımı	179
Tablo 70. Önlem Sonrası Tesis Atıksuyu Karakteristiği	179
Tablo 71. Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda Yapılan Ozonlama Deneylerinde BOİ/KOİ Oranları.....	182
Tablo 72. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunun Karakteristiği.....	184
Tablo 73. Fabrika Çıkış Atıksuyu Numune Özellikleri.....	187
Tablo 74. Fabrika Çıkış Atıksuyu için Fenton Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi.....	187
Tablo 75. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu (10.06.2007) Özellikleri	189
Tablo 76. Fabrika atıksu arıtma tesisi çıkış suyu için fenton oksidasyonu ile farklı pH değerlerinde elde edilen KOİ ve renk giderimleri	189
Tablo 77. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu (17.06.07) Özellikleri	190
Tablo 78. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimleri.....	190
Tablo 79. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu (03.07.2007) Özellikleri	191
Tablo 80. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimleri.....	192
Tablo 81. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Özellikleri.....	193
Tablo 82. 11.08.2007 Tarihli Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ve Mikrofiltrasyon (MF) ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi.....	193
Tablo 83. 10.09.07 Tarihli Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ve Mikrofiltrasyon (MF) ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi.....	193
Tablo 84. 05.10.07 Tarihli Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ve Mikrofiltrasyon (MF) ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi.....	194
Tablo 85. Deneylerde Kullanılan Besin Çözeltisi İçeriği.....	196
Tablo 86. Tesis İçi Önlem Alınmadan Önce ve Tesis İçi Önlemler Alınıktan Sonra Oluşan Atıksuların Bileşenleri	197
Tablo 87. Ön Arıtma Uygulanmayan ve Uygulanan Atıksuların Karakteristik Özellikleri.....	198
Tablo 88. 24 Saat Sonundaki KOİ Giderimi	200
Tablo 89. "Ozonlama +Biyotest" Uygulanan ve Yalnızca Biyotest Uygulanan Atıksuda Renk Giderim Değerleri (Tesis İçi Önlem Öncesi).....	201
Tablo 90. Ozonlama İşleminin BOİ ₅ /KOİ Oranına Etkisi (Tesis İçi Önlem Öncesi)	202
Tablo 91. Ön Arıtma İşleminin İletkenlik Değerlerine Etkisi (Tesis İçi Önlem Öncesi).....	202
Tablo 92. "Ozonlama +Biyotest" Uygulanan ve Yalnızca Biyotest Uygulanan Atıksuda Renk Giderim Değerleri (Tesis İçi Önlem Sonrası).....	204
Tablo 93. Ozonlama İşleminin BOİ ₅ /KOİ Oranına Etkisi (Tesis İçi Önlem Sonrası)	205
Tablo 94. Ön Arıtma İşleminin İletkenlik Değerlerine Etkisi (Tesis İçi Önlem Sonrası).....	206
Tablo 95. Terbiye makinesi yıkama tekneleri atıksu ortalama karakterizasyon değerleri.....	206
Tablo 96. NF ve UF membranları özellikleri.....	208
Tablo 97. Membran uygulamaları deney koşulları	210
Tablo 98. Aynı koşullardaki UF ve NF deneyleri sonuçları (TMP = 4.03 bar, CFV = 0.79 m/s ve T=18±2 ⁰ C)	211
Tablo 99. Yatay geçiş hızı ve TMP nin akı üzerindeki etkisi.....	212
Tablo 100. NF sıcaklık etkisi (NP010, TMP=4.03 bar ve CFV=0.79 m/s).....	214

Tablo 101. Test edilen problemler kimyasallar ve alternatifleri ve kullanıldıkları prosesler.....	219
Tablo 102. İyon tutucu A ve B kimyasallarının birlikte kullanıldıkları reçetenin detayları.....	220
Tablo 103. Kompleks oluşturucu C kimyasalının kullanıldığı reçetenin detayları	220
Tablo 104. Deney için kullanılacak olan besin çözeltilisini hazırlamak için kullanılan kimyasal ve miktarları ..	223
Tablo 105. Üretimde kullanılan kükürt boyarmaddeler ve sülfid içerikleri.....	227
Tablo 106. Her boyama işleminden sonra açığa çıkan atık boyarmadde ve buna bağlı atılan kükürtün aylık miktarı.....	227
Tablo 107. Kükürt boyarmaddelerin aylık tüketim miktarları, fikse olmayan kükürt boyarmadde ve kükürtün aylık muhtemel değerleri.....	228
Tablo 108. Kimyasal değişikliğinden sonra açığa çıkan atık kükürt miktarı.....	229
Tablo 109. Kimyasal değişikliğinden sonraki kükürt boyarmaddelerin aylık tüketim miktarları, fikse olmayan kükürt boyarmadde ve kükürtün aylık muhtemel değerleri	229
Tablo 110. Kompleks oluşturucu A ve alternatif kimyasal A* maddelerinin KOİ değerleri, sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerleri.....	234
Tablo 111. Kompleks oluşturucu B ve alternatif kimyasal B* maddelerinin KOİ değerleri, sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerleri.....	236
Tablo 112. Kompleks oluşturucu C ve alternatif kimyasal C* maddelerinin KOİ değerleri, sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerleri.....	238
Tablo 113. Atıksu örneklerinin KOİ değerleri, reaktörlere eklenen atıksu örnek miktarları ve karşılık gelen KOİ değerleri.....	239
Tablo 114. Kompleks oluşturucu A ve B kimyasallarının deneysel derişimleri (bağımsız değişkenler) ve bunlara bağlı elde edilen biyo-parçalanabilirlik deney sonuçları (bağımlı değişkenler)	241
Tablo 115. Yazılım programları tarafından hesaplanan katsayı, standart hata, P-değer ve.....	242
Tablo 116. Yazılım programları tarafından yeni hesaplanan katsayı, standart hata, P-değer ve T-istatistik değerleri.....	243
Tablo 117. Niceliksel Risk Analizinde Kullanılabilecek Olan Yöntemlerin Analizi.....	252
Tablo 118. Fabrikada genel su tüketimi.....	278
Tablo 119. Fabrikadaki ıslak prosesler ve su tüketim miktarları.....	279
Tablo 120. Boyama prosesinde su tüketimi.....	280
Tablo 121. Terbiye prosesinde aylık işlenen kumaş miktarları.....	282
Tablo 122. Terbiye prosesinde aylık tüketilen su miktarları.....	282
Tablo 123. Terbiye prosesindeki makinalarda spesifik su tüketimleri ve 2006-2007 dönemindeki değişimler ..	283
Tablo 124. Fabrikaya giren enerji türleri ve dağılımı	288
Tablo 125. Kojenerasyon ünitesinde enerji tüketimi ve üretimi.....	288
Tablo 126. Kazanlarda enerji tüketimi ve üretimi	289
Tablo 127. Fabrikadaki enerji dağılımı	289
Tablo 128. Fabrikadaki buhar tüketimi dağılımı	290
Tablo 129. Boyama prosesinde enerji tüketimi analizi	290
Tablo 130. Terbiye prosesinde enerji dağılımı	294
Tablo 131. Terbiye prosesinde doğalgaz tüketimi.....	295
Tablo 132. Terbiye prosesinde buhar tüketimi.....	297
Tablo 133. Terbiye prosesinde elektrik tüketimi	298
Tablo 134. Atıksu A, B ve C'nin debi ve KOİ değerleri	304
Tablo 135. Farklı debi aralıkları için yatırım ve işletme maliyetleri.....	307
Tablo 136. Farklı KOİ aralıkları için yatırım ve işletme maliyetleri.....	307
Tablo 137. Demir Sülfat ve Hidrojen Peroksit Birim Maliyetleri (Montano, 2006).....	310
Tablo 138. Fenton Oksidasyon Prosesi için maliyet özeti	311
Tablo 139. MBR Sistemi Maliyetleri (Zheng ve Liu, 2006)	315

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Birinci çalıştay fotoğrafları.....	16
Şekil 2. Proje kapanış çalıştayı fotoğrafları.....	18
Şekil 3. Üretim süreçlerinin dağılımı.....	20
Şekil 4. İplik boyama üretim sürecinin illere göre dağılımı.....	21
Şekil 5. Kumaş boyama üretim sürecinin illere göre dağılımı.....	21
Şekil 6. Günlük üretim 10 tonun üzerinde üretim yapan firma yüzdesi.....	24
Şekil 7. Orta Anadolu'da iş planı akım şeması.....	25
Şekil 8. Tesis Pamuk Deposu.....	26
Şekil 9. Harman Hallaç Makinesi (Unifloc).....	26
Şekil 10. Taraklama İşlemi.....	27
Şekil 11. Tarak Makinesi.....	27
Şekil 12. Cer Proses Sonu Kalın Fitiller.....	28
Şekil 13. Vater Makinesi.....	28
Şekil 14. Vater Makinesinden Çıkan Kopslar.....	28
Şekil 15. Kopslardan Büyük Bobin Sarma İşlemi.....	29
Şekil 16. Stoklanmaya Hazır İplik Bobinleri.....	29
Şekil 17. İplikten Halat'a Geçiş.....	30
Şekil 18. Çağlık.....	30
Şekil 19. Makine 4 ve 5 Denim Merserizasyon Genel Akım Şeması.....	46
Şekil 20. Kimyasal Deposunda Bulunan İkaz Talimat Levhaları.....	48
Şekil 21. Zararlı Kimyasalların Vücuda Temas Ettiği Takdirde Kullanılacak Olan Duş.....	48
Şekil 22. Orta Anadolu'da Genel Su Tüketimi.....	55
Şekil 23. Orta Anadolu'da Genel Enerji Tüketimi.....	57
Şekil 24. Ön-arıtım ve UF denyelerinde kullanılan indigo boyama ilk arka yıkama teknesi atıksuyu tanecik boyut dağılımı.....	74
Şekil 25. NF denyelerinde kullanılan indigo boyama ilk arka yıkama teknesi atıksuyu tanecik boyut dağılımı... ..	75
Şekil 26. NF denyelerinde kullanılan indigo boyama arka yıkama tekneleri karışımı atıksuyu tanecik boyut dağılımı.....	75
Şekil 27. UF deneylerinde kullanılan DSS Labstak M 20 membran modülü (Çapar vd., 2006).....	78
Şekil 28. UF deneylerinde değerlendirmesi uygulanan arıtma alternatifleri.....	80
Şekil 29. UF membranlarının (100 kDa, 50 kDa, 20 kDa, 2 kDa ve 1 kDa) 5 µm ön-filtrasyon sonrası zamana karşı a) normalize atıksu akı, b) renk giderim (%) ve c) atıksu akı değişimleri (100 kDa, 50 kDa, 20 kDa membranları için; ΔP: 1.87 bar ve yatay akış hızı: 1.29 m/s ve 2 kDa ve 1 kDa membranları için; ΔP: 3.07 bar ve yatay akış hızı: 1.0.9 m/s).....	81
Şekil 30. BF süzme cihazı.....	91
Şekil 31. MF/UF Test Cihazı.....	91
Şekil 32. R1'e ait akı-zaman değerleri.....	102
Şekil 33. R2'e ait akı-zaman değerleri.....	103
Şekil 34. R3'e ait akı-zaman değerleri.....	104
Şekil 35. R1, R2 ve R3 reçeteleri atıksuları karışımında farklı gözenek boyutundaki filtreler için akı-zaman değerleri.....	106
Şekil 36. UF uygulamasından geçen karışıma ait akı zaman değerleri.....	109
Şekil 37. Ozonlama çalışmalarında kullanılan reaktör düzeneği.....	114
Şekil 38. Boyama atıksuyunda ozonlama yöntemi ile renk giderimi.....	116
Şekil 39. boyama atıksuyunda ozonlama yöntemi ile KOİ giderimi.....	118
Şekil 40. Boyama prosesi atıksuyunda değişik pH değerlerinde renk giderimi.....	121
Şekil 41. Boyama prosesi atıksuyunda değişik pH değerlerinde KOİ giderimi.....	122
Şekil 42. Biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarında kullanılan aktif çamur reaktörü.....	130
Şekil 43. NF deneylerinde kullanılan sistemin şematik gösterimi.....	131
Şekil 44. Biyolojik reaktöre ait giriş ve çıkış suyuna ait ölçüm sonuçları.....	133
Şekil 45. Reaktördeki MLSS ve MLVSS konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	134
Şekil 46. NF prosesinin Renk(a), KOİ (b) ve iletkenlik (c) giderim performansları.....	137
Şekil 47. Normalize edilmiş akıların zamanla değişimi.....	138
Şekil 48. MBR ünitesinin fotoğrafı ve basit akım şeması.....	141
Şekil 49. Atıksu iletim hattı, kartuş filtre ve 1000 L'lik atıksu besleme tankı.....	141
Şekil 50. MBR işletimi boyunca elde edilen akılar.....	146
Şekil 51. MBR işletimi boyunca transmembran basınçları ve uygulanan membran geri yıkamaları.....	147

Şekil 52. MBR işletimi boyunca elde edilen permeabilite (K) değerleri	148
Şekil 53. MBR işletimi boyunca reaktör çözülmüş oksijen konsantrasyonları	149
Şekil 54. MBR işletimi boyunca reaktör MLSS değerleri.....	149
Şekil 55. MBR işletimi boyunca reaktör pH değerleri	150
Şekil 56. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış pH değerleri	151
Şekil 57. MBR işletimi boyunca reaktör elektriksel iletkenlik değerleri	151
Şekil 58. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış elektriksel iletkenlik değerleri	152
Şekil 59. MBR işletimi boyunca reaktördeki F/M oranı değerleri	153
Şekil 60. MBR işletimi boyunca reaktöre organik yükleme hızı değerleri	154
Şekil 61. MBR işletimi boyunca reaktörde spesifik substrat giderim hızı değerleri.....	154
Şekil 62. MBR işletimi boyunca reaktörde hidrolik bekleme süreleri (HRT).....	155
Şekil 63. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış askıda katı madde değerleri	157
Şekil 64. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam katı madde değerleri.....	157
Şekil 65. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış BOI ₅ değerleri	159
Şekil 66. MBR işletimi boyunca F/M oranı ile BOI ₅ giderim verimi ilişkisi.....	159
Şekil 67. MBR işletimi boyunca OYH ile BOI ₅ giderim verimi ilişkisi.....	160
Şekil 68. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış KOİ değerleri	161
Şekil 69. MBR işletimi boyunca MLSS ile KOİ giderim verimi ilişkisi	161
Şekil 70. MBR işletimi boyunca HRT ile KOİ giderim verimi ilişkisi	162
Şekil 71. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış amonyak değerleri.....	163
Şekil 72. MBR işletimi boyunca sıcaklık ile amonyak giderim verimi ilişkisi	163
Şekil 73. MBR işletimi boyunca elektriksel iletkenlik ile amonyak giderim verimi ilişkisi	164
Şekil 74. MBR işletimi boyunca HRT ile amonyak giderim verimi ilişkisi.....	164
Şekil 75. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış nitrat değerleri	166
Şekil 76. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış nitrit değerleri	166
Şekil 77. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam kjeldahl azotu değerleri.....	167
Şekil 78. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam azot değerleri.....	167
Şekil 79. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam fosfor değerleri.....	168
Şekil 80. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış bulanıklık değerleri	169
Şekil 81. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış renk değerleri	170
Şekil 82. Ozonlama ile Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi.....	173
Şekil 83. Ozonlama ile Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi.....	174
Şekil 84. Tesis içi Önlemler Alınmadan Önceki Tesis Atıksuyunda Değişik Dozlarda Kullanılan Ozon Miktarları	175
Şekil 85. Ozon ve H ₂ O ₂ ile Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi.....	177
Şekil 86. Ozon ve H ₂ O ₂ ile Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi.....	178
Şekil 87. Ozonlama ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi.....	180
Şekil 88. Ozonlama ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi.....	181
Şekil 89. Ozon ve H ₂ O ₂ ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi.....	183
Şekil 90. Ozon ve H ₂ O ₂ ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi.....	183
Şekil 91. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunda Ozonlama ile Renk Giderimi.....	185
Şekil 92. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunda Ozonlama ile KOİ Giderimi	186
Şekil 93. KOİ ve renk giderim verimlerinin başlangıç pH değerine bağlı değişimi.....	189
Şekil 94. 1:1 sabit Fe ⁺² :H ₂ O ₂ oranında artan H ₂ O ₂ ve Fe ⁺² dozlarının KOİ ve renk giderim verimlerine etkisi.....	191
Şekil 95. Deneysel Düzenek.....	197
Şekil 96. Tesis İçi Önlem Öncesi Atıksuyundaki KOİ Giderimi	199
Şekil 97. Önlem Öncesi Atıksuyundaki %KOİ Giderimi	200
Şekil 98. Tesis İçi Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi.....	203
Şekil 99. Tesis içi önlem sonrası tesis atıksuyundaki %KOİ giderimi.....	203
Şekil 100. SelRO MPT-34 Pilot Sistemi	210
Şekil 101. Yatay geçiş hızının KOİ ve renk giderimi üzerindeki etkisi	213
Şekil 102. TMP'nin KOİ ve renk giderimi üzerindeki etkisi	213
Şekil 103. Deneysel düzenek	223
Şekil 104. Dispergator A üzerinde gerçekleştirilen biyo-parçalanabilirlik testi.....	225
Şekil 105. Kompleks oluşturuucu kimyasal madde A ve alternatif kimyasal madde A*.....	235
Şekil 106. Kompleks oluşturuucu kimyasal madde B ve alternatif kimyasal madde B* için biyo-parçalanabilirlik deneylerinin sonuçları (R-1 ve R-2 paralel çalıştırılan reaktörleri belirtmektedir)	236
Şekil 107. Kompleks oluşturuucu kimyasal madde C ve alternatif kimyasal madde C* için biyo-parçalanabilirlik deneylerinin sonuçları (R-1 ve R-2 paralel çalıştırılan reaktörleri belirtmektedir)	238

Şekil 108. Kimyasal değişikliği öncesi ve sonrası alınan atıksu örnekleri üzerinde gerçekleştirilen biyo-parçalanabilirlik deneylerinin sonuçları (R-1 ve R-2 paralel çalıştırılan reaktörleri belirtmektedir)	240
Şekil 109. Deneysel olarak saptanan (observed) biyo-parçalanabilirlik değerleri ile model tarafından tahmin edilen (predicted) değerler	244
Şekil 110. Risk Matriks örneği	249
Şekil 111. Risk matriksi	253
Şekil 112. Fabrikanın Google Earth'ten alınmış görüntüsü	255
Şekil 113. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları	258
Şekil 114. Asetik Asit sızma hızı	258
Şekil 115. Yanıcı buhar yayılma alanı	259
Şekil 116. Yüksek basınç alanı	260
Şekil 117. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları	261
Şekil 118. Poliglikol Eter sızma hızı	261
Şekil 119. Toksik etki alanı	262
Şekil 120. ALOHA'ya girilen bilgile ve modelleme çıktıları	262
Şekil 121. Buharlaştırma bilgileri	263
Şekil 122. Propilen glikol için toksik yayılma alanı	263
Şekil 123. Yanıcı etki alanı	264
Şekil 124. Isısal radyasyonun etki alanı	265
Şekil 125. Yanıcı buhar patlaması sonucu basınç yükselmesi	265
Şekil 126. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları	266
Şekil 127. Toksik bulut etki alanı	267
Şekil 128. Yanıcı buhar yayılma alanı model çıktıları	267
Şekil 129. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları	268
Şekil 130. Yanıcı buhar etki alanı	269
Şekil 131. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları	269
Şekil 132. Etilen glikol yayılım hızı	270
Şekil 133. Yanıcı buhar etki alanı	270
Şekil 134. Etilen glikol'ün yayılım hızı	271
Şekil 135. Isısal radyasyonun etki alanı	271
Şekil 136. Etilen Glikol'ün yayılım hızı	272
Şekil 137. Toksik bulut etki alanı	272
Şekil 138. Yanıcı buhar etki alanı	273
Şekil 139. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları	274
Şekil 140. Dietilen glikol yayılım hızı	274
Şekil 141. Toksik etki alanı	275
Şekil 142. Yanıcı buhar etki alanı	276
Şekil 143. Yüksek basınç etki alanı	277
Şekil 144. Boyama prosesinde spesifik su tüketimi	281
Şekil 145. Terbiye prosesinde su tüketimi ve kumaş üretimi	284
Şekil 146. Fabrikaya giren aylık spesifik enerji ve kumaş üretimleri değerleri	285
Şekil 147. Boyama prosesinde spesifik buhar tüketimi	291
Şekil 148. Boyama prosesinde spesifik elektrik tüketimi	292
Şekil 149. Boyama prosesinde aylara göre spesifik enerji tüketimi	293
Şekil 150. Terbiye prosesinde aylara göre spesifik enerji tüketimi	295
Şekil 151. Terbiye prosesinde doğalgaz tüketimi	296
Şekil 152. Terbiye prosesinde buhar tüketimi	298
Şekil 153. Terbiye prosesinde elektrik tüketimi	299
Şekil 154. Aktif çamur prosesi için Türkiye'deki mevcut bulunan tekstil tesislerinin birim yatırım maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki	303
Şekil 155. Aktif çamur prosesi için Türkiye'deki mevcut bulunan tekstil tesislerinin birim yatırım maliyetleri ile tesiste giderilen KOİ arasındaki ilişki	303
Şekil 156. Aktif çamur prosesi için Türkiye'deki mevcut bulunan tekstil tesislerinin birim işletme maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki	304
Şekil 157. İstanbul'da bulunan tekstil tesisi için birim yatırım maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki	305
Şekil 158. İstanbul'da bulunan tekstil tesisi için birim yatırım maliyetleri ile tesiste giderilen KOİ arasındaki ilişki	305

<i>Şekil 159. İstanbul'da bulunan tekstil tesisi için birim işletme maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki</i>	306
<i>Şekil 160. Yıllara göre toplam MBR maliyetindeki değişim</i>	316

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
AOX	Adsorblanabilen Organik Halojenler (Adsorbable Organic Halides)
BAT	Mevcut En İyi Teknikler (Best Available Techniques)
BREF	Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı (Reference Document on Best Available Techniques)
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
IPPC	Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (Integrated Pollution Prevention and Control)
MBR	Membran Biyoreaktör
MGBF	Malzeme Güvenlik Bilgi Formu
TAKM	Toplam Askıda Katı Madde
TÇKM	Toplam Çözünmüş Katı Madde
TP	Toplam Fosfor
TKN	Toplam Kheldal Azotu
TTSD	Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği
TOBB	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği

TEŐEKKÖR

Türkiye'de IPPC Direktifi'nin tekstil sektöründe ilk uygulamasının yapıldığı Orta Anadolu Mensucat A.Ő'ne proje boyunca sağladıkları tüm katkılar ve sonsuz destekleri için proje ekibi adına teşekkür ederiz.

Çevre ve Orman Bakanlığı'na, tüm ekip olarak sağladıkları destek için Őükranlarımızı sunarız.

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'de bir tekstil işletmesi için IPPC (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü) Direktifi kapsamında "Mevcut En İyi Teknikler" in ilk uygulaması ve değerlendirmesidir. IPPC Direktifi'nin hayata geçirilmesinde rehber olacak bir "en iyi uygulama örneği" tekstil sektörü için geliştirilmiş ve bu kapsamda işletme için "Mevcut En İyi Teknik" ihtiyaçları belirlenmiştir. Sürdürülebilir hammadde ve atık yönetimi için, ilk olarak, üretim süreçlerinin BREF ("Mevcut En İyi Teknikler" Referans) Dokümanı ile detaylı karşılaştırılması yapılmıştır. Su yoğun bir sektör olması sebebiyle, proseslerde geri kullanımı mümkün olabilecek atıksular belirlenip atıksu karakterizasyon çalışmaları yürütülmüştür. Proses atıksularında ve tesisten çıkan toplam atıksuda geri kazanım olanaklarının araştırılması için atıksu yönetim stratejisi oluşturulmuştur. Bu stratejiyle uyumlu olarak, üretim süreçlerinin BREF Tekstil Dokümanı ile detaylı karşılaştırılması yapılmış, gerek atıksuların geri kullanım amaçlı arıtılabilirliği gerekse su kullanımının ve atıksu üretiminin azaltımı üzerine çalışılmıştır. Uygulanabilir BAT önerileri fabrika yetkilileri ile birlikte çalışarak belirlenmiştir. Atıksu yönetimi çalışmalarının yanı sıra, enerji tüketiminin azaltılması, kimyasal değişikliği ve çevresel risk analizi çalışmaları da yürütülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atıksu Yönetimi, BAT, BREF Tekstil Dokümanı, IPPC Direktifi, Tekstil endüstrisi

ABSTRACT

This study was undertaken as the first application and evaluation of Best Available Techniques (BAT) within the context of the IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) Directive to a textile mill in Turkey. A "best practice example", which will form a guideline for the implementation of the IPPC Directive, is to be developed for the textile sector; and within this context BAT requirements for the mill were determined. In order to achieve a sustainable resource and waste management; firstly, a detailed screening of the production processes with respect to BREF (BAT Reference) Textile Document was made. Being a water intensive sector, wastewater characterization study was conducted to identify the possible candidate wastewaters to be reused. A wastewater management strategy was adopted to investigate the possible reuse opportunities in the process wastewaters along with

the composite mill effluent. In line with this strategy, production processes were analyzed in depth in accordance with the BREF Document not only to treat the generated wastewaters for their possible reuse but also to reduce the amount of water consumption and wastewater generation. Applicable BAT options were determined in cooperation with the mill staff. Besides studies related to wastewater management, minimization of energy consumption, chemical substitution and environmental risk analysis studies were also conducted.

Keywords: BAT, BREF Textile Document, IPPC Directive, Textile Industry, Wastewater Management

1. GİRİŞ

Avrupa Birliği (AB) üyesi ÷lkelerde sanayi kuruluşlarının faaliyetleri ve yol açtıkları kirlenme, “entegre kirlilik yönetimi” yaklaşımı ile yönetilmekte ve sanayi kuruluşlarının sadece deşarj ya da emisyonları için limit değerler konularak yol açtıkları kirlenmenin kontrol edilmesi yerine, kirlenmenin üretim süreci ile birlikte değerlendirildiği bir ana yaklaşım benimsenmektedir. Bu çerçevede, üretim süreçlerinde atık önleyici ve/veya azaltıcı teknikler uygulanarak hava, su ve toprağa yapılan deşarjların hep birlikte göz önünde bulundurulduğu ve en aza indirgenmeye çalışıldığı bir ana yaklaşım benimsenmektedir. AB tarafından, 1996 yılında yayınlanmış olan IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control-Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü) Direktifi (96/61/EC) bu yönde düzenlemeleri içermekte ve sanayi kuruluşlarını denetleyen otoritelerin, bu ana yaklaşım çerçevesinde tesislere çalışma izni vermesini ve tesisleri çevresel performansları adına denetlemesini gerektirmektedir.

Bu projede, IPPC kapsamına giren bir tekstil kuruluşunda IPPC Direktifi'nin bir ilk uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulayıcı kuruluş durumunda olan Çevre ve Orman Bakanlığı, bir tekstil sanayi kuruluşu ve 2 üniversitenin işbirliği ile gerçekleştirilmiş olan bu projenin çıktıkları, ÷lkemizde halen yürütölmekte olan AB çevre müktesebatına uyum çalışmalarına doğrudan katkı sağlanacağı düşünölmektedir. IPPC Direktifi'nin Aralık 2008 itibariyle yasal mevzuata aktarılacak olup IPPC Yönetmeliği'nin yayınlanacak oluşu şüphesiz bu projeyi önemli bir örnek pilot çalışma yapacaktır.

Proje; temel olarak, bir örnek tekstil tesisi bünyesinde IPPC Direktifi'nin gerektirdiği “Mevcut En İyi Teknikler (Best Available Techniques, BAT)” uygulamaları; bu yönde alternatif arıtma teknolojilerinin araştırılması; tüm bu uygulamaların maliyet analizleri; ve yapılan çalışmalarının sonuçlarının tekstil sektörüne yayılması hedefiyle ortaya konulmuştur. Projenin başlangıç aşamasında, planlandığı üzere, çalışmalara bir çalıştay ile başlanmıştır. Sözleşme imzalanır imzalanmaz, 14 Kasım 2005 tarihinde tüm detayı ilgili bölümde sunulan bir çalıştay gerçekleştirilmiştir. Çalıştay'a Orta Anadolu San. ve Tic. A.Ş. (raporda bundan böyle Orta Anadolu olarak adlandırılacaktır) yetkilileri ile birlikte, büyük ölçekli sanayi kuruluşlarından “iyi” kabul edilebilecek düzeyde katılım söz konusu olmuştur. Bu çalıştayda, katılımcılar projenin bulguları konusunda bilgi edinmek isteyeceklerini ve projenin bitimi aşamasında yapılacak çalıştaya özellikle ilgi göstereceklerini ifade etmişlerdir. Projenin bitim

aşamasında yine planlandığı gibi proje bulgularını sektörle paylaşmak adına bir kapanış çalışmayı 4 Ocak 2008 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Çalıştayla ilgili detaylı bilgi ilgili bölümde aktarılmıştır.

Projenin büyük bir grup ile yürütülmekte olduğu ve çalıştay vasıtasıyla tüm sektöre duyurulmuş olduğu gerçeğini göz önünde bulundurarak, proje için bir web sayfası oluşturulması yoluna gidilmiştir. Bu sayfa kanalı ile, gerek Bakanlık, gerek Orta Anadolu, gerekse diğer tekstil kuruluşlarının projedeki gelişmeleri takip edebilmeleri olanağı sağlanmıştır. Web sayfasına ilişkin detaylar, ilgili bölümde aktarılmaktadır.

Projenin başlangıç aşamasında, bir diğer ilk adım olarak, Türkiye’de IPPC Direktifi kapsamına giren tekstil kuruluşlarının tespitini hedef alan anket çalışmaları başlatılmıştır. Bu sırada, Çevre ve Orman Bakanlığı ile birlikte, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği gibi kuruluşlardan destek alınmıştır. İlgili bölümde, bu çalışmalara ilişkin sonuçlar aktarılmaktadır. Proje süresince Çevre ve Orman Bakanlığı'nın tüm desteğine rağmen anket geri dönüşleri tatmin edici seviyede olamamıştır. Hazırlanan anket oldukça kısa ve doldurulması kolay olmasına rağmen ankete geri dönüşler konusunda ciddi sıkıntı yaşanmıştır. Yine de elde edilen sonuçlar Türkiye'de IPPC Direktifi kapsamında olabilecek tekstil kuruluşlarının oldukça fazla olduğuna işaret etmektedir. Nitekim, halihazırda Çevre ve Orman Bakanlığı ülkemizde IPPC Direktifi kapsamına giren tüm sanayi kuruluşlarının tespitine yönelik bir çalışma başlatmıştır. Hiç şüphesiz, sözkonusu çalışma ile Türkiye'nin IPPC Direktifi'ne uyum konusunda önündeki tablo belirginleşecektir.

Proje süresi boyunca Orta Anadolu'ya gerek tüm proje ekibi olarak gerekse daha ufak ekipler olarak birçok teknik gezi düzenlenmiştir ve tesiste çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar boyunca fabrika yetkilileri çok büyük bir özveri ile proje ekibine katkı sağlamışlardır. Orta Anadolu’da uygulanmakta olan üretim prosesleri tüm detaylarıyla Bölüm 2.2’de aktarılmaktadır.

Tesis içi proses inceleme değerlendirme çalışmalarının hemen ardından; atık oluşumu söz konusu olan ve örnekleme yapılması gerekli görülen deşarj noktaları belirlenmiş ve kapsamlı bir atık karakterizasyon çalışmasına geçilmiştir. Üretim prosesinin doğası gereği, bu çalışma, ağırlıklı olarak “bir atıksu karakterizasyon çalışması” niteliğinde yürütülmüştür. Bulgular

ilgili bölümde sunulmaktadır. Atıksu karakterizasyon çalışmaları, “tesis içi su kullanımı” çalışması ile eşleştirilmiş ve sisteme giren ve sistemden çıkan su dengesi kurularak, atıksu debileri tam olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Tesiste söz konusu olan diğer atıklar da proje kapsamında ele alınmış ve raporun ilgili kısmında konuyla ilgili bilgi aktarılmıştır.

Atıksu karakterizasyon çalışmalarına paralel olarak, IPPC Direktifi'nin gerektirdiği, en iyi tekstil sektörü uygulamalarını içeren Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı¹ (BREF olarak adlandırılmaktadır), çok detaylı olarak çalışılmış ve Orta Anadolu'da bulunan prosesler ile, bu dokümandaki prosesler karşılaştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma çalışmaları sonucunda ortaya çıkan bir dizi kirlilik önleme ya da azaltma seçeneği Orta Anadolu'ya sunulmuş, birlikte tartışılmış ve uygulanabilir olanlar üzerinde çalışmaya geçilmiştir.

Atıksu karakterizasyon çalışmalarının tamamlanmasının ve kirlilik önleme ya da azaltma seçeneklerinin tartışılıp, belirli bir sona gelmesinin ardından atıksu arıtılabilirlik çalışmalarına geçilmiştir. Atıksu arıtılabilirlik çalışmaları kapsamında yürütülen çalışmalar, boyama prosesi atıksuları geri kazanım çalışmaları, terbiye prosesi kostik atıksularından kostik geri kazanım çalışmaları, işletmeye ait toplam atıksuyun geri kullanım amaçlı biyolojik arıtılabilirliğine yönelik çalışmalar, ileri oksidasyon ve Fenton arıtımı çalışmaları, MBR çalışmaları ve biyolojik parçalanabilirlik çalışmaları olarak sıralanabilir. Bu çalışmalara ait deneysel veriler ve sonuçlar ilgili bölümlerde detaylı olarak sunulmaktadır.

Boyama prosesi atıksularının geri kazanılıp tekrar proses suyu olarak kullanımını hedefleyen çalışmalar kapsamında, fabrikada en çok uygulanan boyama reçeteleri belirlenmiş ve bu reçetelerin uygulanması sonucu açığa çıkan atıksularda geri kazanım çalışmaları yürütülmüştür.

Yaş terbiye işlemlerinde en çok kullanılan kimyasallardan biri olan ve yıkama sırasında yüksek miktarlarda atılan kostik (NaOH)'in geri kazanılması atıksu arıtılabilirlik başlığı kapsamında yürütülen bir diğer çalışmadır. Kostik kimyasalının membran teknolojisi ile geri kazanımı, BREF Tekstil Dokümanı tarafından da ısrarla tavsiye edilen bir teknolojidir. Gerek laboratuvar ölçeğinde gerekse pilot ölçekte kostik geri kazanımı çalışmaları yürütülmüştür.

¹ European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques for the Textile Industry, July 2003.

Fabrikada halihazırda mevcut atıksuyun arıtımı amacıyla kullanılan bir aktif çamur sistemi vardır ve bu sistem kanalizasyona deşarj kriterlerini sağlayabilmektedir. Ancak tekstil endüstrisinin en büyük problemlerinden biri olan aşırı su kullanımı, atıksuyun kanalizasyona deşarjı yerine suyun proseslerde yeniden kullanılabilir hale gelmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, projenin atıksu arıtılabilirlik çalışmaları kapsamında fabrikada oluşan toplam atıksuyun gerek BREF Tekstil Dokümanına uyumlu bir şekilde arıtılması gerekse arıtılmış atıksuyun geri kullanımının araştırılması hedeflenmiştir.

Fabrikada atıksu arıtma tesisine giden su ile pilot ölçek MBR sistemi çalıştırılmış ve MBR sisteminin performansı ve işletimi değerlendirilmiştir. BREF Tekstil Dokümanı tarafından da önerilen MBR sistemi ile oldukça tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Arıtılabilirlik çalışmaları kapsamında ozonlama, hidrojen peroksit ve Fenton çalışmaları da yürütülmüştür. Gerek boyama atıksularında gerekse fabrikadan çıkan toplam atıksuda sözkonusu arıtma alternatiflerinin performansları değerlendirilmiştir. Aynı zamanda boyama ve terbiye prosesinde belirlenen optimum arıtım alternatiflerinin hayata geçirildiği varsayımıyla oluşacak tesis atıksuyu simüle edilip arıtılabilirlik çalışmaları yürütülmüştür. BAT önlemlerinin alınmasıyla tesisten çıkan toplam atıksu miktar olarak azalırken, kalite olarak daha zor arıtılabilir hale gelmiştir.

Atıksu arıtılabilirlik çalışmalarına ek olarak fabrikada çevresel risk analizi çalışmaları da yürütülmüştür. IPPC Direktifi uygulamalarında endüstrilerin taşıdığı çevresel riskin hesaplanması ve minimize edilmesi gerekmektedir. Projenin yürütüldüğü fabrikada 100'den fazla kimyasal bulunmaktadır. Bunların arasında patlayıcı, parlayıcı, yanıcı, yakıcı özelliği bulunan, oldukça reaktif kimyasallar da vardır. Proje kapsamında yapılan çevresel risk analizi ile fabrikada bulunan kimyasalların neden olabileceği bir patlamanın oluşması riski ve olası patlamanın etki alanı değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın detayları ve model çalışmaları Bölüm 4'te sunulmaktadır.

Proje kapsamında hayata geçirilen su ve enerji optimizasyonuna yönelik önlemlerin fabrikanın genel su ve enerji tüketimine etkileri detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Projenin başladığı 2005 yılından 2007 yılı sonuna kadar tüm mevcut su ve enerji tüketim verileri

boyama ve terbiye prosesleri bazında ve fabrika genelinde analiz edilmiştir. Bu çalışmaya ait sonuçlar Bölüm 2.5 ve Bölüm 5'de detaylarıyla sunulmaktadır.

Bilindiği gibi IPPC Direktifi endüstriyel kuruluşlar için salt çevresel bir araç değildir. IPPC Direktifi, sanayi kuruluşlarında, üretimi olumsuz etkilemeksizin sürdürülebilir bir yönetim anlayışı getirmektedir. Dolayısıyla, doğası gereği, alınabilecek olası çevresel önlemlerin fayda/maliyetlerinin değerlendirilip tesise özgü BAT önlemlerinin belirlenmesini öngörmektedir. Bu da hiç şüphesiz, çok detaylı fayda/maliyet analizlerinin yürütülmesini gerektirmektedir. Örneğin, boyama atıksularının membran sistemi ile geri kazanımı ve proseste kullanılması, kuyudan çekilen su miktarını azaltıp, pompaj giderlerini ve dolayısıyla deşarj edilen atıksu bedelini azaltırken, membran sisteminin ilk kurulum maliyeti ile işletim giderleri ve arıtma tesisine giden nihai atıksuyun arıtımının zorlaşması da karşımıza maliyet olarak çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, BAT önlemleri için laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalarla elde edilen performans sonuçlarının pilot ölçek sisteme geçildiğinde öngörülemeyen işletim sorunları çıkartabilmesi olasıdır. Bu durum, terbiye atıksularından kostik geri kazanımı amaçlı fabrikaya yerleştirilen pilot ölçek sistemde yaşanmıştır.

AB IPPC Ofisi, işletmeler özelinde BAT'ların ne olduğunun belirlenememesi için, Temmuz 2006'da "Economics and Cross-Media Effects" başlıklı bir BREF Dokümanı yayınlamıştır. Bu doküman sayesinde işletme özelinde sektörel bazda hazırlanmış olan BREF Dokümanları temel alınarak belirlenen önlemlerin hangilerinin o işletme için BAT olduğu belirlenebilmektedir. Proje teklifi hazırlanırken sözkonusu BREF Dokümanı henüz IPPC Ofisi tarafından yayınlanmamıştı. Bu sebeple daha basit bir yöntemle fayda/maliyet analizinin yapılacağı düşünülmüştü. Proje teklifi hazırlanırken BREF Tekstil Dokümanı dışında ikinci bir BREF Dokümanının kullanımı proje kapsamı içerisinde düşünülmemişti. Bunun yanı sıra, fabrika kapsamında su geri kazanımına yönelik yapılan arıtılabilirlik çalışmalarının proje sonuna doğru tamamlanmış olması sebebiyle detaylı bir fayda/maliyet analizi yapılamamıştır. Bölüm 6'da da sunulduğu üzere "Economics and Cross-Media Effects" başlıklı BREF Dokümanı fayda/maliyet analizi için oldukça kapsamlı bir metodoloji sunmaktadır. Sözkonusu BREF Dokümanı kapsamında çalışmalara başlanmıştır; ancak, arıtılabilirlik çalışmalarının proje sonunda tamamlanmış olması sebebiyle ve oldukça kapsamlı bir metodolojinin uygulanma gerekliliği nedeniyle çalışma sonlanamamıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar Bölüm 6'da sunulmaktadır.

1.1. Projenin Amacı ve Kapsamı

Proje IPPC Direktifi kapsamında Türkiye’de bir sanayi sektörü için yürütülmüş olan en kapsamlı BAT uygulaması projesidir. Bugüne kadar ülkemizde, hiçbir sanayi kuruluşu için bu kapsamda bir çalışma yapılmamıştır. Bu proje, ülkemizde bir ilk olmak üzere, büyük ölçekte bir tekstil sanayi kuruluşu olan Orta Anadolu ile birlikte Avrupa Komisyonu tarafından tekstil sektörü için hazırlanan BAT kapsamında bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Proje sanayi-üniversite-kamu üçlüsünün işbirliği ile hem laboratuvar hem de pilot ölçek uygulamalarla yürütülmüş olup Orta Anadolu'nun BREF Tekstil Dokümanı ile uygunluğu dolayısıyla IPPC Direktifi'ne uyumu değerlendirilmiştir.

Proje, beş alt-projeden oluşmaktadır. Projenin ilk aşamasında IPPC kapsamına giren tekstil kuruluşlarına ilişkin bir envanter çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği ve Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği'nin katkıları ile yürütülmüştür. Başlangıç aşamasında tekstil sektörünü IPPC Direktifi ve BAT yaklaşımı konusunda bilgilendirmek için bir çalıştay düzenlenmiştir.

Projenin ikinci aşamasında, Orta Anadolu'daki mevcut üretim prosesleri ve atık yönetimi yaklaşımları BREF Tekstil Dokümanı ile karşılaştırılmış ve fabrika için uygulanabilir BAT önlemleri tespit edilmiştir. Önerilen BAT önlemlerinin fabrika ölçeğinde uygulanabilirliği fabrika yetkilileri ile değerlendirilmiş olmakla beraber gerek laboratuvar gerekse pilot ölçekli çalışmalarla bu önlemlerin uygulanabilirliği test edilmiştir.

Projenin üçüncü aşamasında, fabrika genelinde atıksu yönetimi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Fabrikada atıksu üretiminin yaklaşık %80'inden sorumlu olan boyama ve terbiye atıksularının proseslerde geri kullanımına yönelik artırılabilirlik çalışmalarının yanı sıra toplam tesis atıksuyunun geri kullanımı ve arıtımı çalışmaları da gerçekleştirilmiştir.

Dördüncü aşamada, bu ölçekte bir tekstil sanayi kuruluşunda IPPC uygulamasının maliyet analizi yapılması hedeflenmiştir. Bu analiz esasen BREF Tekstil Dokümanı ile sınırlı değildir. IPPC Ofisi tarafından Direktif kapsamındaki tüm sanayi sektörleri için hazırlanmış olan BREF Dokümanlarını yatay kesen "Economics and Cross-Media Effects" başlıklı Temmuz 2006'da yayınlanmış olan bir doküman fayda/maliyet analizi için kapsamlı bir metodoloji

içermektedir. Ancak, proje teklifi hazırlanırken bu doküman henüz yayınlanmamış olduğu için proje kapsamında düşünülmemiştir. Sözkonusu dokümanda anlatılan metodolojinin uygulanabilmesi için fabrika kapsamında BAT önlemlerinin belirlenmesi ile beraber çapraz-medya etkilerinin ve bununla ilgili çelişkilerin detaylı analizi gerekmektedir. Bu aşamadan sonra maliyet verileri toplanmalı ve doğrulanmalıdır. Ardından maliyet bileşenleri (yatırım maliyeti, işletim ve bakım maliyeti, faydalar, önlenebilir maliyetler) belirlenmelidir. Maliyet bileşenlerinin belirlenmesiyle beraber baz yıl seçilip, enflasyon, iskonto oranı ve yıllık giderler tespit edilip, bu maliyet çevresel koruma ile ilişkilendirilmelidir. Tüm bu aşamalardan sonra maliyet etkinlik (cost-effectiveness) analizi ile birlikte toplam maliyet ile çevresel faydalar arasında bir karşılaştırma yapılmalıdır.

IPPC Direktifi'nin ana felsefesi olan "Mevcut En İyi Teknikler", belirlenen BAT önlemlerinin ilgili sanayi sektörü içinde "mevcut" olmasını yani teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir olmasını öngörmektedir. Dolayısıyla fabrika kapsamında belirlenen BAT önlemlerinin ülke şartlarında ve ilgili sanayi sektöründe uygulanabilir olması önem teşkil etmektedir.

Proje kapsamında fayda/maliyet analizi çalışmaları halen sürmektedir. Atıksu yönetimi ile ilgili çalışmaların yakın zamanda bitmiş olması sebebiyle yukarıda belirtilen metodolojinin proje bulgularına adapte edilmesi üzerine çalışmalar halen devam etmektedir. Metodoloji kapsamında maliyet verileri toplanmıştır ancak fayda/maliyet analizi henüz tamamlanamadığı için detaylı ve kesin bir sonuç sunulamamaktadır.

Projenin son aşamasında Orta Anadolu'da gerçekleştirilen pilot çalışmanın tüm bulguları sektörde faaliyet gösteren diğer tekstil kuruluşları ve Çevre ve Orman Bakanlığı katılımı ile gerçekleştirilen bir çalıştay ile aktarılmıştır.

Proje hedeflendiği şekilde yürütülmüş ve tamamlanmıştır. Projenin her aşamasında Orta Anadolu fabrikası yetkilileri ile işbirliği içerisinde çalışılmıştır. Bu proje, ülkemizde Aralık 2008'de yayınlanması planlanan "Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında yürütülmüş olan ilk örnek pilot ölçek çalışma olması sebebiyle çalışmanın tüm bulguları tekstil sektörü için büyük önem arz etmektedir.

1.2. IPPC Direktifi ve BREF Dokümanları

IPPC Direktifi, endüstriyel kuruluşların havaya, suya ve toprağa verdikleri kirliliği önlemeyi, eğer önlenemiyorsa emisyonlarını azaltmalarını hedefleyen ve bu çerçevede BAT kavramına dayalı olacak şekilde kendilerini yeniden yapılandırmalarını ve buna göre çalışma izni almalarını öngören bir Direktiftir. Direktif; ana hatları ile aşağıdaki başlıkları içermektedir:

- Endüstri kaynaklı kirliliklerin entegre biçimde önlenmesi ve kontrolü;
- Yeni kurulacak ve mevcut tesislerin çevresel etkilerinin belirlenmesi;
- Havaya, suya ve toprağa yapılan emisyonların üretim süreci ile birlikte kontrolü;
- Kuruluşun işletme izni alması sürecinde, bilgiye ulaşımın ve halkın katılımının sağlanması;
- Entegre izinler, süregelen izleme ve izinlerin güncellenmesi

Noktasal kirliliğin azaltılmasını hedefleyen bu Direktifin 1 numaralı ekinde listelenen aktivitelerden kaynaklanan kirlenmenin azaltılması, çevreyi bir bütün olarak ele alacak yüksek düzeyde korumanın sağlanması hedeflenmektedir. Direktifte Ek 1 başlığı altında ele alınan 6 ana endüstriyel aktivite (enerji sektörü, metal üretim ve işleme sanayi, mineral endüstrisi, kimya endüstrisi, atık yönetimi ve diğer aktiviteler: kağıt sanayi, tekstil sanayi, mezbahalar, kümes hayvancılığı, süt üretimi vb.) içine giren tüm sanayi kuruluşları, AB ülkelerindeki yetkili otoritelerden izin almak durumundadırlar.

AB, IPPC Direktifi kapsamına giren sanayi kuruluşları ve özellikle onları denetleyen otoriteler için, sektörel bazda mevcut en iyi tekniklerin aktarıldığı BREF Dokümanları hazırlamakta ve kullanıma hazır hale getirmektedir. IPPC Direktifinin 1 nolu ekinde belirtilen sektörler için ayrı ayrı hazırlanmakta olan ve birer referans niteliği taşıyan BREF Dokümanları, üye ülkeler arasında bilgi alışverişi ile hazırlanmakta, dolayısıyla tüm üye ülkelerin gerçeklerini bir bakıma içermektedir.

IPPC izni olmayan kuruluşların çalışmaları mümkün değildir. Kuruluşlara verilen izinlerin, Direktifin 2. maddesinde yer alan BAT kavramına dayalı olması gerekmektedir. BAT, birçok durumda oldukça radikal çevresel iyileştirmeler gerektirmekte, bu durum kuruluşlar için oldukça yüksek maliyetlere sebep olmaktadır. “Mevcut En İyi Teknikler” tanımında “En iyi”,

çevreyi bir bütün olarak koruma hedefli en etkin yol; “Mevcut”, maliyetlerin ve avantajların değerlendirilmesi ile ekonomik ve teknik olarak geliştirilen metotları, “Teknik” ise kullanılan teknoloji ve tesisin mevcut durumu anlamına gelmektedir.

IPPC Direktifi'nin 4 temel ögesi bulunmaktadır: (a) entegre yaklaşım; (b) Mevcut En İyi Teknikler (BAT- Best Available Techniques); (c) bilginin paylaşılması ve halkın bilgiye erişimi ve (d) salım sınır değerleridir. Çevresel izinler bundan böyle IPPC Direktifi kapsamında hazırlanan "Mevcut En İyi Tekniklere" (BAT) göre verilecektir. İzinler verilirken tesis özellikleri, coğrafi koşullar ve yerel çevre özelliklerinin dikkate alınması gerekliliği IPPC Direktifi'nde belirtilmiştir. BREF'ler yasal zorunluluk taşımamakla birlikte, üretim sürecinde uyulması gereken kriterleri belirlemektedir. Buna göre, üretim yöntemlerinin BAT'ın önerdiklerinden farklı olduğu durumlarda ilgili tekniklerin en az "Mevcut En İyi Teknikler (BAT)" kadar çevreye duyarlı olduğunu göstermek zorunludur.

Direktifin en önemli özelliği ise bir "anlayış değişikliği" getiriyor olmasıdır. Direktif "ürünlerin" değil "üretim faaliyetleri sürecinde" yaratılan kirliliğin önlenmesine yöneliktir. Diğer bir deyişle, bacada sınır koymak yerine kirliliği kaynağında önleme yaklaşımına dayalı olarak hazırlanmıştır. Kısaca, üretim faaliyetlerinizde yapacağınız değişikliklerle çevresel kirliliği en az düzeye indirmek ve en az miktarda atık ortaya çıkması bu Direktifin hedefleri arasındadır.

IPPC Direktifi AB Sanayi Mevzuatı'nın çevre açısından temelini teşkil etmektedir. Direktif, alıcı ortam bazında yapılmış olan eski mevzuatın yerini alıp tüm alıcı ortamları birlikte değerlendiren kapsamlı bir izin usulü getirmektedir.

IPPC Direktifi, AB üyesi ülkelerde yeni kurulacak olan tüm sanayi tesisleri için 30 Ekim 1999 tarihinden itibaren geçerli olurken, mevcut tesisler için 15 Ekim 2007 tarihine kadar bir uyum süreci tanınmıştır. Ekim 2007 tarihi itibarıyla sanayi kuruluşlarının faaliyetlerine devam edebilmeleri için IPPC çalışma iznine sahip olmaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra, AB'ye üye ülkelere ihracat yapan üye olmayan ülkelerdeki sanayi kuruluşlarının da IPPC Direktifi'nin ana felsefesi doğrultusunda ve bununla uyum içerisinde üretim yapmaları da beklenebilecektir.

2. YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR

2.1. Envanter Çalışmaları ve Proje Çalışmaları

Türkiye, Dünya'daki en büyük tekstil ve giyim sanayi üreticilerindedir. Bu bağlamda, IPPC Direktifi kapsamında ele alınan sektörler arasında yer alan tekstil sanayi, Türkiye ekonomisi açısından oldukça büyük öneme sahiptir.

Ekonominin lokomotiflerinden olan Türk tekstil ve giyim sanayininin, 2005 yılında başlayacak olan kota eliminasyonu sonrası, önemli bir rekabet ortamıyla karşı karşıya kalması beklenmektedir. Türkiye, coğrafi konumu, hammadde üretimi ve eğitimli işgücü sayesinde bu sektörde halen önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, tekstil ve giyim sanayinin; kalitesini, yönetim ve pazarlama becerilerini, lojistik performansını ve sertifikasyonlarını geliştirerek yeniden yapılanması gerekmektedir². Bu gereklilik, ülkemizin olası AB üyeliği göz önüne alındığında biçim değiştirmekte ve "IPPC Direktifi'ne uyum" şeklinde ortaya çıkmaktadır. AB'ne üye ülkelere yapılan yüksek miktarlarda tekstil ve giyim eşyası ihracatı ve tekstil ve giyim sanayinin ülkemiz ekonomisindeki önemli payı bunun kaçınılmaz olduğunu açıkça göstermektedir.

IPPC Direktifi, AB üyesi ülkelerde faaliyet gösteren ve günlük üretim kapasitesi 10 tonu geçen, ön işlem yapan (yıkama, ağartma, merserizasyon) veya iplik boyama veya tekstil üretimi yapan işletmeleri kapsamaktadır. Ancak, Türkiye'de bulunan ve bu kapsama giren tekstil kuruluşlarının hangileri olduğu ya da sayıları bilinmemektedir. Benzer şekilde Direktif'in 1 nolu ekinde yer alan diğer endüstriyel aktiviteler için de benzeri bir bilgi seti mevcut değildir. IPPC Direktifi'ni Türkiye'ye uyarlayarak bir yönetmelik yayınlamak planı olan Çevre ve Orman Bakanlığı, bu anlamda veri bulunmamasını acilen giderilmesi gereken çok önemli bir eksiklik olarak tanımlamaktadır.

Öte yandan, Türk Tekstil Sektörü de AB Çevre Mevzuatı'na uyum çerçevesinde, IPPC Direktifi ve başlayan hazırlık çalışmalarını yakından izlemektedir. Bu bağlamda, Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği (TTTSD) IPPC referans dokümanı olan BREF'i Ocak 2005 sonu itibarıyla Türkçe'ye çevirmiş ve ilgili kişilerin bilgisine sunmuştur.

² Sector Profiles of Turkish Industry: A General Outlook, DPT, 2004.

Çevre ve Orman Bakanlığı, IPPC Direktifi ile uyum çalışmaları çerçevesinde çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Ancak, henüz bu Direktif kapsamına giren sanayi kuruluşlarının hangileri olduğu ve bu Direktife uyumun Türkiye'ye hangi boyutta bir yük getireceği bilinmemektedir. Bu kapsamda, yasal ve kurumsal gereklilikler ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Ancak, Direktifin uygulanmasının ülke ölçeğinde hangi boyutta bir çalışma gerektireceği, yapılabilirliği ya da hangi maliyetle yapılabileceği bilinmemektedir. Direktifin uygulamasının çok çeşitli sektörler için söz konusu olması, yapılması gereken işin ne kadar çok olduğu ya da bu anlamda alınması gereken yolun ne kadar uzun olduğunu işaret etmektedir.

Bu bağlamda, bir örnek çalışma niteliğinde, Türkiye'de IPPC Direktifi kapsamına giren tekstil kuruluşlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma ile ortaya çıkarılan "IPPC kapsamına giren tekstil kuruluşları listesi", proje bulgularının öncelikle aktarılacağı grubu temsil etmektedir. IPPC Direktifi kapsamına giren tekstil kuruluşlarını belirleyebilmek için öncelikle Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ile Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) ile irtibata geçilmiştir.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı verilerine göre, Türkiye genelinde sanayi sicil kaydı bulunan toplam 8 bin 331 adet tekstil firması bulunmakta ve bu firmalarda toplam 609 bin 334 kişi istihdam edilmektedir. Tekstil firmalarının illere göre dağılımına baktığımızda, %32'si İstanbul, %18'i Bursa, %9'u Denizli, %8'i İzmir ve %5'i Gaziantep'te bulunmaktadır. Ancak bu dağılım, IPPC Direktifi kapsamına giren yaş proses uygulayan tekstil fabrikalarının yanı sıra kuru işlemler (iplik üretimi, dokuma, örgü vb.) uygulayan fabrikalar ile hazır giyim sektörünü de içine almaktadır. Dolayısıyla, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın mevcut veritabanı IPPC Direktifi kapsamına giren tekstil kuruluşları hakkında fikir vermemektedir. Aynı şekilde TOBB'dan elde edilen listelerde de üretim tipi bazında bir ayırım söz konusu olmadığı için IPPC kapsamına giren tekstil kuruluşlarının direkt tespiti mümkün olmamaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Avrupa Birliği desteği ile 2005 yılında bir konsorsiyum eliyle yürütülen "Türkiye'de Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlanması" projesi kapsamında IPPC Direktifi ile uyumlu hale gelmesi gereken 240-300 tekstil firması olduğu rapor edilmiştir. Ancak bu rakam sadece tahmini olarak verilmiş olup; söz konusu firmaların üretim tipleri ve kapasiteleri hakkında bilgi mevcut değildir. Bu nedenle, Türkiye'de IPPC

Direktifi kapsamına giren tekstil kuruluşlarını, kapasiteleri ve mevcut üretim tipleri ile, ortaya çıkarabilmek amacıyla bir anket çalışması başlatılmıştır. Hazırlanan anket, tekstil firmalarına ait tüm tekstil fabrikaları için personel bilgileri ile üretim tipi ve kapasite bilgilerine ulaşmayı hedeflemiştir. Hazırlanan anket formu Ek 1’de verilmektedir.

Günlük tekstil üretim kapasitesi (yıkama, ağartma, merserizasyon vb. ön terbiye prosesleri ve boyama proseslerinin bir ya da birkaçından geçerek üretilen) 10 ton’un üzerinde olan tekstil fabrikalarının sayısını belirleyebilmek için hazırlanan anket temelde 2 yöntem ile sektöre ulaştırılmıştır:

1. Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği tarafından anket formu dernek üyelerine ulaştırılarak,
2. Çevre ve Orman Bakanlığı’na bağlı İl Çevre ve Orman Müdürlükleri aracılığıyla bağlı illerdeki tekstil kuruluşlarına yollanarak.

Anket geri dönüşleri faks, e-posta ve proje internet sayfası yoluyla gerçekleşmiştir. Toplam 114 tekstil firmasına ait 126 tekstil fabrikasından anket dönüşü olmuştur. Anketlerle ilgili sonuçların değerlendirilmesi “2.1.4. *Anket Çalışmaları*” başlığı altında yapılmıştır.

2.1.1. Proje Açılış Çalıştayı

Tekstil sektörünü AB’ye uyum sürecinde bekleyen yükümlülükler ve IPPC Direktifi hakkında bilgilendirmek ve Türkiye’de bu konuda bir ilk uygulama niteliğinde olan projeyi sektöre tanıtmak amacıyla 14 Kasım 2005 tarihinde bir çalıştay düzenlenmiştir (Şekil 1). Çalıştayı hedef kitlesi olan IPPC kapsamına giren günlük tekstil üretim kapasitesi (yıkama, ağartma, merserizasyon vb. ön terbiye prosesleri ve boyama proseslerinin bir ya da birkaçından geçerek üretilen) 10 ton’un üzerinde olan tekstil kuruluşlarına ulaşabilmek için TOBB’dan elde edilen listelerdeki büyük tekstil firmalarına telefon ve faks yoluyla yaklaşık 200 tekstil firmasına ulaşıp, bu firmalar çalıştaya davet edilmiştir. Bunun yanı sıra, Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği tarafından üyelerine e-posta yoluyla çalıştay davetiyesi yollanmıştır.

Çalıştay, bir günlük toplantı şeklinde ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi D Salonu’nda gerçekleştirilmiştir. Yürütülen projenin detaylı olarak sektöre tanıtımının ardından, Avrupa

Birliği Genel Sekreterliği (ABGS), evre ve Orman Bakanlığı, Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği temsilcileri ve Orta Anadolu tarafından sunuşlar gerçekleştirilmiştir. alıştay programı Ek 1’de verilmiştir.

alıştay öncelikle, proje yürütücüsünün projenin amaç ve hedeflerini katılımcılara aktarmasıyla başlamıştır. Bunun ardından, ABGS ile evre ve Orman Bakanlığı yetkilileri AB’ye uyum sürecinde evre alanında yapılması gereken yatırımların ve uyulması gereken yükümlülüklerin çokluğuna dikkatleri çekip, benzer çalışmaların Türkiye için AB’ye uyum sürecinde önemli bir rol oynayacağını sunumlarıyla aktarmışlardır. Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği temsilcisi tekstil sektörünün mevcut durumu ve AB’ye uyum sürecinde sektörü bekleyen yükümlülükler ile ilgili olarak katılımcıları bilgilendirmiştir. Orta Anadolu yetkilileri ise fabrikalarının tanıtımının ardından projeden beklentilerini ve bu proje ile AB’ye uyum sürecinde durdukları noktanın önemini belirtmişlerdir. Son olarak da proje ekibi tarafından Avrupa’da ve Dünya’da tekstil sektörüne yönelik örnek çalışmaların yer aldığı bir sunuş gerçekleştirilmiştir.

Çalıştayın sonunda genel bir değerlendirilme yapılıp, yürütülen projenin Türkiye’de bir ilk uygulama olması açısından gerek evre ve Orman Bakanlığı için gerekse tekstil sektörü için önemi vurgulanmış ve benzer uygulamaların tüm sektörler için yapılmasının kaçınılmaz olduğuna değinilmiştir.

alıştay kapsamında katılımcılara genel bir bilgi vermesi amacıyla hazırlanan “Avrupa Birliği ve IPPC Direktifi” başlıklı broşür, alıştay davetiyesi, alıştay programı ve katılımcı listesi Ek 1’de verilmiştir.





Şekil 1. Birinci çalıştay fotoğrafları

2.1.2. Proje Kapanış Çalıştayı

Tekstil sektörünü, proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ve bu çalışmaların sonuçları ile ilgili bilgilendirmek amacıyla 4 Ocak 2008 tarihinde bir çalıştay düzenlenmiştir (Şekil 2). Proje açılış çalıştayında olduğu gibi, IPPC kapsamına giren günlük tekstil üretim kapasitesi (yıkama, ağartma, merserizasyon vb. ön terbiye prosesleri ve boyama proseslerinin bir ya da birkaçından geçerek üretilen) 10 ton'un üzerinde olan 100 den fazla tekstil kuruluşuna telefon ve faks yoluyla ulaşılmış ve çalıştaya davet edilmiştir.

Proje kapanış çalıştayı yine bir günlük toplantı şeklinde ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezinde C Salonu'nda gerçekleştirilmiştir. Yürütülen projenin tanıtımından önce IPPC Direktifi tanıtılmış ve tekstil sektörü için söz konusu Direktifin önemi ve yaptırımlarından söz edilmiştir. Projenin detaylı olarak sektöre aktarılmasının ardından proje bünyesinde yürütülen ve tamamlanan çalışmaların sonuçları sunulmuştur. Çalıştay programı Ek 1'de verilmiştir.

Kapanış çalıştayı proje yürütücüsünün projenin önemini, amaç, kapsam ve hedeflerini içeren sunuşunu katılımcılara aktarması ile başlamıştır. Bunun ardından, Çevre ve Orman Bakanlığı yetkililerince AB'ye uyum sürecinde söz konusu Direktifin Türkiye için önemi, yaptırımları ve bu alanda yapılan ve planlanan yatırımları içeren konuşmaları ile sektöre bu konu ile ilgili bilgi aktarılmıştır. Daha sonra, yine proje yürütücüsü tarafından, sektörün mevcut durumu ve projenin birlikte yürütüldüğü fabrika ile ilgili bilgiler aktarılmıştır. Bunların ardından, proje çalışanları, yürüttükleri çalışmalar ve sonuçları ile ilgili bilgileri çalıştay katılımcılarına detaylı bir şekilde aktarmışlardır.

Son olarak projenin amaç, kapsam ve sonuçlarını içeren genel bir değerlendirmesi yapılmış ve amaçlanan hedeflerin sonuçlarla örtüştürölmesi yapılmıştır. Sonuçlar IPPC Direktifi kapsamında tartışılmış ve ulaşılan noktanın Direktifin uygulandığı fabrika ve Türkiye için önemi vurgulanmıştır.

Yine proje açılış alıştayında olduğu gibi, kapanış alıştayında da katılımcılara “Avrupa Birliği ve IPPC Direktifi” başlıklı broşür, alıştay davetiyesi ve alıştay programı sağlanmıştır. Bu belgeler Ek 1’de verilmiştir.





Şekil 2. Proje kapanış çalıştayı fotoğrafları

2.1.3. Proje Web Sayfası

Projenin genel tanıtımı, Türk tekstil sektörünü Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde yükümlülükleri konusunda bilgilendirme, projedeki gelişmelerin, bilgi ve bulguların paylaşımı amaçlarıyla projeye ait bir internet sayfası oluşturulmuştur. Bunun için, “www.ippcturkey.org” ve “www.ippcturkiye.org” olacak şekilde iki alan adının alımı gerçekleştirilmiştir.

Proje internet sayfasında, yürütülen çalışmanın amacı ve kapsamı konusunda genel bir bilgilendirmenin yanı sıra, IPPC Direktifine ve bu Direktifin tekstil sektörü için hazırlanmış olan BREF Dokümanlarına erişim sağlanmıştır. Türk tekstil sektörünü Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde yükümlülükleri konusunda bilgilendirme ve yürütülen projenin sektöre tanıtımı amaçlarıyla 14 Kasım 2005 tarihinde gerçekleştirilen çalıştaya ait sunumlar da bu sayfaya konulmuştur. Öte yandan, IPPC Direktifi kapsamına giren tekstil kuruluşlarını ortaya çıkartmak amacıyla yürütülmekte olan anket çalışması kapsamında da internet sayfası üstünden anket formuna erişim sağlanmıştır. Bunlara ek olarak, proje ekibi tarafından şifre erişimi ile ulaşılabilen proje çalışmalarının ve bulgularının aktarıldığı bir sayfa

düzenlenmiştir. Bunun yanı sıra proje ile ilgili yazışmalar “ippc@metu.edu.tr” adresinden yürütülmüştür.

2.1.4. Anket Çalışmaları

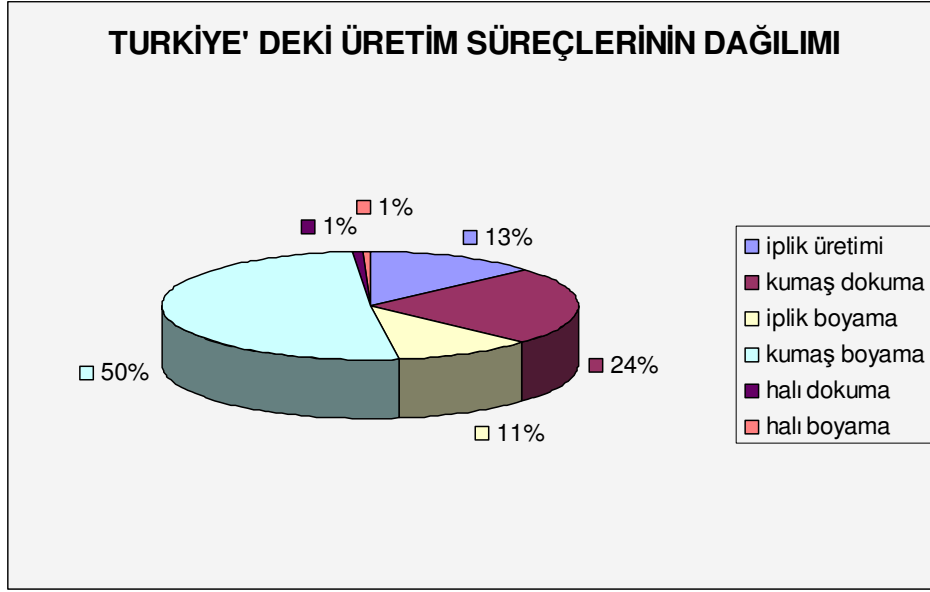
Anket çalışmaları kapsamında toplam 126 tekstil fabrikasından anket dönüşü gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçlarına göre günlük tekstil üretim kapasitesi (yıkama, ağartma, merserizasyon vb. ön terbiye prosesleri ve boyama proseslerinin bir ya da birkaçından geçerek üretilen) 10 ton’un üzerinde olan tekstil fabrikalarının dağılımı ve toplam üretim kapasiteleri Tablo 1’de verildiği gibidir.

Tablo 1. Anket çalışmasına katılan tekstil fabrikalarının dağılımı ve toplam üretim kapasiteleri

Toplam Üretim Kapasitesi	Günlük tekstil üretim kapasitesi (yıkama, ağartma, merserizasyon vb. ön terbiye prosesleri ve boyama proseslerinin bir ya da birkaçından geçerek üretilen) 10 ton’un üzerinde mi?	
	Evet	Hayır
< 1 ton/gün	-	8
1-5 ton/gün	1	24
6-10 ton/gün	8	22
11-50 ton/gün	45	3
51-100 ton/gün	5	1
> 100 ton/gün	-	1
Bilinmiyor	1	7
Toplam fabrika sayısı	60	66

Tablo 1’den de görüldüğü gibi, ankete cevap veren fabrikalar arasında 60 tanesinin (%47.6) günlük tekstil üretim kapasitesi (yıkama, ağartma, merserizasyon vb. ön terbiye prosesleri ve boyama proseslerinin bir ya da birkaçından geçerek üretilen) 10 ton’un üzerinde ve IPPC Direktifi kapsamına girmektedir.

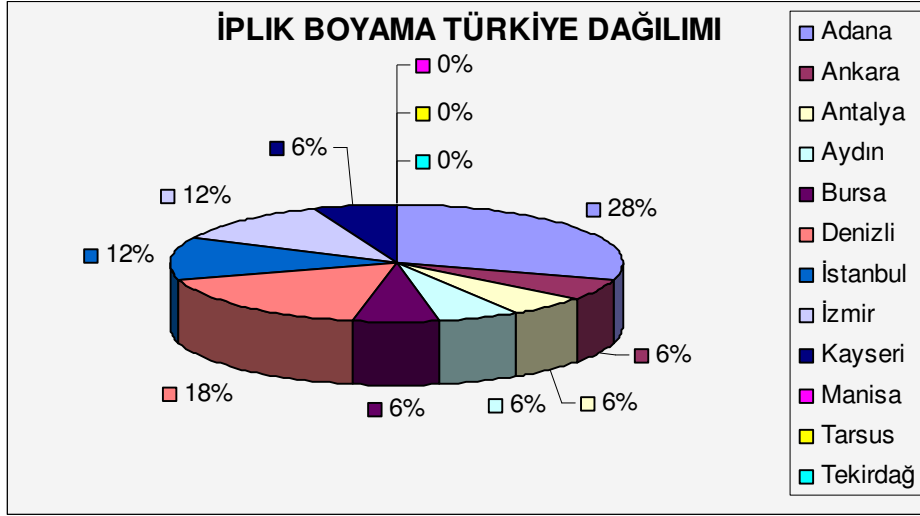
Anket çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre IPPC Direktifi kapsamına giren tekstil sektörü üretim aşamalarının Türkiye genelindeki dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir. Üretim süreçleri iplik üretimi, kumaş dokuma, iplik boyama, kumaş boyama, halı dokuma ve halı boyamadır. Şekil 3 incelendiğinde şu ana kadar elde edilmiş verilere göre kumaş boyama Türkiye genelinde en çok uygulanan üretim süreci olarak görülmektedir.



Şekil 3. Üretim süreçlerinin dağılımı

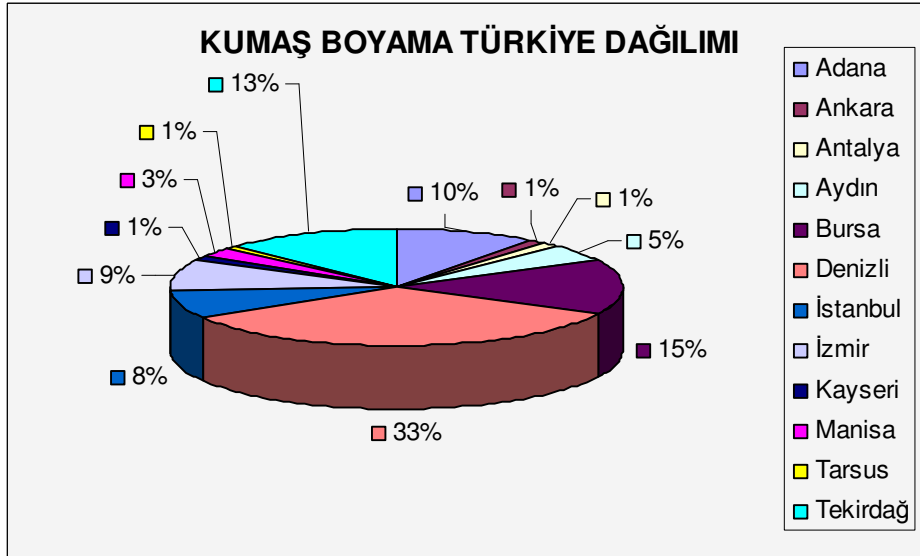
Anket çalışmalarında şu ana kadar Adana, Ankara, Antalya, Aydın, Bursa, Denizli, İstanbul, İzmir, Kayseri, Manisa Tarsus ve Tekirdağ illerinden veri toplanmıştır. Anket çalışmalarına katılmış tekstil firmalarının hepsinde kumaş dokumanın yapıldığı görülmektedir.

Şekil 4 incelendiğinde; iplik boyamanın anket kapsamında geri dönüş yapan iller genelinde dağılımının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ancak Manisa, Tarsus ve Tekirdağ bölgelerinde iplik boyama uygulaması yapan işletmeye rastlanmamıştır.



Şekil 4. İplik boyama üretim sürecinin illere göre dağılımı

Şekil 5 incelendiğinde; kumaş boyama işleminde en yüksek oranın Denizli bölgesinde olduğu görülmektedir. Denizli’yi, Bursa, Adana ve İzmir takip etmektedir.



Şekil 5. Kumaş boyama üretim sürecinin illere göre dağılımı

Tekstil sektörü anketleri kapsamında elde edilen personel bilgilerinin değerlendirilmesi KOBİ Tanımına İlişkin Kanun Tasarısı kullanılarak yapılmıştır. Gruplandırma aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Tablo 2. Tekstil sektörü personel sınıflandırması

Personel sayısı	İşletme Tipi
< 100 kişi	Küçük ölçekli işletmeler
101 - 300 kişi	Orta ölçekli işletmeler
301 - 500 kişi	
501 - 700 kişi	
701 - 1000 kişi	Büyük ölçekli işletmeler
1001 - 1200 kişi	
> 1200 kişi	

Toplam 126 fabrika içerisinde çoğunluk orta (%37.3) ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. Orta ölçekli işletmeleri büyük ölçekli işletmeler (%34.1) ve küçük ölçekli işletmeler izlemektedir (%28.6). Fabrikaların personel dağılımları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Personel sayısı dağılımı

Personel sayısı	Firma sayısı	Toplam firma sayısı içindeki yüzdesi
<100 kişi	36	28.6
101 – 300 kişi	47	37.3
301 – 500 kişi	18	14.3
501 – 700 kişi	8	6.3
701 – 1000 kişi	10	7.9
1001 - 1200 kişi	4	3.2
>1200 kişi	3	2.4
TOPLAM	126	100

Toplanan anketlerin coğrafi dağılımları incelendiğinde 12 ilde bulunan firmalardan geri dönüş olmuştur. Bu 12 ilden en çok anket Denizli’de bulunan fabrikalardan toplanabilmiştir. Tüm iller arasında yine Denizli’nin tüm personel sayısı aralıklarında en çok fabrikaya sahip olduğu belirlenmiştir. Tablo 4’de il bazında personel dağılımları verilmiştir.

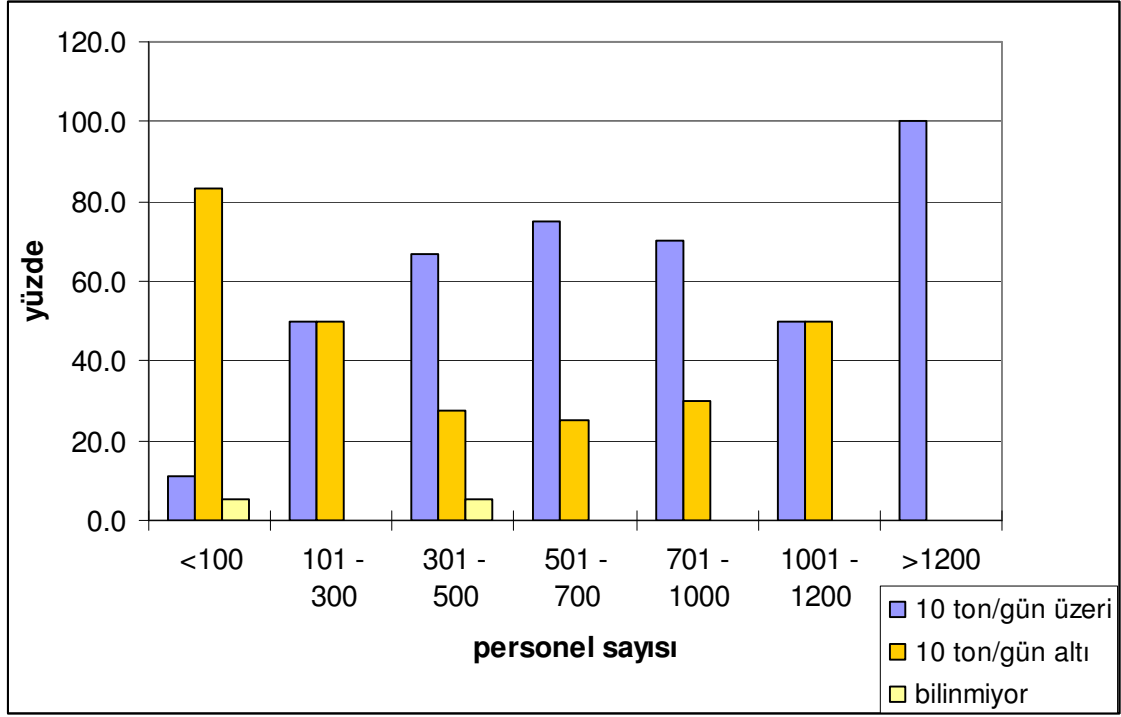
Tablo 4. İl bazında personel dağılımı

İl	Personel sayısı							TOPLAM
	<100	101-300	301-500	501-700	701-1000	1001-1200	>1200	
Adana	0	1	0	3	2	1	0	7
Antalya	0	0	0	0	1	0	0	1
Aydın	1	2	0	0	1	1	0	5
Ankara	1	0	1	0	0	0	1	3
Bursa	8	10	4	0	1	0	1	24
Denizli	20	17	9	2	2	1	1	52
İstanbul	2	4	0	0	1	0	0	7
İzmir	2	3	4	0	0	0	0	9
Kayseri	0	0	0	1	1	0	0	2
Manisa	1	1	0	0	0	0	0	2
Tarsus	0	0	0	1	0	0	0	1
Tekirdağ	1	9	0	1	1	1	0	13
TOPLAM	36	47	18	8	10	4	3	126

Son olarak personel sayısı ile kapasite arasındaki ilişkiye bakıldığında personel sayısı ile kapasite arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. 700 personele kadar günlük 10 ton üzerinde üretimi olan fabrika yüzdesi artmaktadır. 701 – 1000 kişi çalıştıran fabrikalarda günlük üretimin 10 tonun üzerinde olduğu fabrika yüzdesi düşmüş ve bu düşüş 1001 – 1200 personel aralığında da devam etmiştir. Ancak 1200’den fazla personel çalıştıran tüm fabrikalar beklendiği üzere günlük 10 tonun üzerinde üretim yapmaktadırlar. Personel sayısı ve kapasite arasındaki ilişki Tablo 5’de ve Şekil 6’da verilmiştir.

Tablo 5. Günlük üretim 10 tonun üzerinde üretim yapan firma yüzdesi

Kişi sayısı	Evet	Hayır	Bilinmiyor
<100	11.1	83.3	5.6
101 – 300	50.0	50.0	0.0
301 – 500	66.7	27.8	5.6
501 – 700	75.0	25.0	0.0
701 - 1000	70.0	30.0	0.0
1001 - 1200	50.0	50.0	0.0
>1200	100.0	0.0	0.0

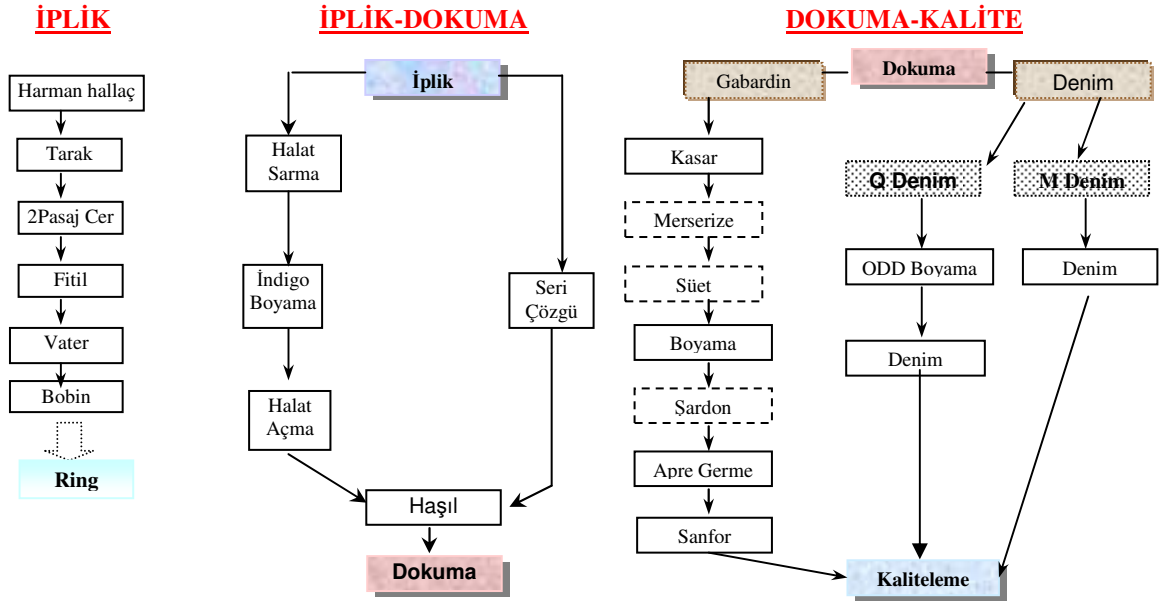


Şekil 6. Günlük üretim 10 tonun üzerinde üretim yapan firma yüzdesi

2.2. Orta Anadolu Tesisinin Tanıtımı

2.2.1. Orta Anadolu Proseslerin Tanımlanması

Orta Anadolu San. ve Tic. A.Ş. dünyanın ve Avrupa'nın lider denim kumaş üreticilerindedir. Fabrika 1953 yılında Kayseri'de kurulmuştur. Fabrikada yıllık ortalama 20 bin ton ring iplik üretimi ve 40 milyon metre kumaş boyama ve terbiye işlemi yapılmaktadır. Fabrikaya ait iş akış planı Şekil 7'de verilmektedir. Fabrikada iş akışı iplik, iplik-dokuma ve dokuma-kalite olmak üzere üç ana başlıktan oluşmaktadır. Bu bölümde detaylı olarak anlatılacak olan fabrikada iş akışını kısaca özetleyecek olursak, pamuk ön temizleme işlemlerinden sonra iplik haline gelmekte ve sonra boyama işleminden geçmektedir. Boyama işleminin ardından iplikler dokunarak kumaş haline gelmekte ve en son terbiye işleminden sonra müşteri hizmetine hazır hale gelmektedir. Fabrikadaki tüm prosesler raporun ilerleyen kısımlarında detaylı olarak aktarılmaktadır.



Şekil 7. Orta Anadolu'da iş planı akım şeması

2.2.2. Pamuk ve Pamuk Deposu

Orta Anadolu tarafından değişik şehir ve ülkelerden (Diyarbakır, Suriye, vb) sipariş edilen pamuklar, tesise ulaştığı andan itibaren pumuğu taşıyan her bir kamyonundan, kamyonun taşıdığı pamuk miktarının % 20'si kadar bir numune alınmakta ve pamukların üretime uygun olup olmadığını tespit etmek için HVI (High Volume Instrument) testleri yapılmaktadır. Bu test, gelen pamuğun elyaf uzunluğunun her bir balya da aynı (homojen bir dağılımın) olup olmadığını belirlemek için yapılmaktadır. Testler sonucunda üretim için uygun olmayan pamuk iade edilmektedir. Üretim için uygun olan pamuklar ise kullanılmadan önce, yangına karşı korunaklı ve kapasitesi 6000 ton olan bir 7500 m² büyüklüğündeki pamuk deposunda (Şekil 8) muhafaza edilmektedir. Tesise günlük proseslerde kullanılmak üzere 65 ile 70 ton arasında pamuk girişi olmaktadır.



Şekil 8. Tesis Pamuk Deposu

2.2.3. İplik Üretimi

Depoda muhafaza edilen pamuk, iplik üretimi için ilk aşama olan **Harman Hallaç** prosesine (Şekil 9) girmektedir. Harman Hallaç işleminin amacı, değişik pamuk türlerini karıştırmak, harmanlamak ve biraraya getirmektir. Bu harmanlamanın yanısıra, pamuk içinde bulunan olası metallerin ve düğümlenmiş elyaf parçacıklarının pamuktan ayrılma işlemi de gerçekleştirilmektedir.



Şekil 9. Harman Hallaç Makinesi (Unifloc)

Harmanlanan pamuk, elyaflarının paralelleştirilmesi amacıyla, **Tarıklama** işlemine (Şekil 10, 11) sokulmaktadır. Tarıklama işlemi sonrası, 6 taraktan çıkan paralel elyafli pamuklar,

birleştirilip kalın şeritler (cer) meydana getiren Cer makinelerine (şekil 12) yönlendirilmektedirler. Kalın şerit halini alan pamuk, inceltilmek üzere Fitol makinelerine gönderilmektedir. Fitol makinesine tek şerit halinde gelen cerler inceltilerek fitil haline getirilmektedir. Fitol haline gelen inceltiľiř şeritler, nihai kalınlıklarının (Ne) verildiği Vater makinesine (şekil 13) raylı bir sistem kullanılarak taşınmaktadır. Vater makinesinden küçük bobinler (koplar) (şekil 14) halinde çıkan nihai kalınlığı verilmiş iplik üretimde kullanım kolaylığı sağlanması için daha büyük bobinlere (şekil 15) sarılmaktadır. İpliklerin büyük bobinlere sarılması aşamasında iplikte kopmalar olmaktadır. Bu kopmalar sarım makinelerinde otomatik sağlanan hava yardımı ile kopan iplik uçlarının birbirine dğmlenmesiyle dzelilmektedir. İplik sarımıyla oluşturulan büyük bobinler daha sonra iplik deposunda (şekil 16) stoklanmaktadır.



şekil 10. Taraklama İşlemi



şekil 11. Tarak Makinesi



Şekil 12. Cer Proses Sonu Kalın Fitiller



Şekil 13. Vater Makinesi



Şekil 14. Vater Makinesinden Çıkan Kopslar



Şekil 15. Kopslardan Büyük Bobin Sarma İşlemi



Şekil 16. Stoklanmaya Hazır İplik Bobinleri

Tesiste halat boyama yapıldığı için bobinlere sarılan ipliklerin halat (tops) (Şekil 17) haline getirilmeleri gerekmektedir. Bu işlem için her bir bobin çağlık (Şekil 18) adı verilen üzerinde birden çok bobin taşıyabilen bir ekipmana yerleştirilmektedir. Halatlarda sarım aşamasında bir kopma olduğunda, kopma sensörleri tarafından tespit edilerek sistem durdurulmaktadır ve kopan ip el ile bağlanmaktadır.



Şekil 17. İplikten Halat'a Geçiş



Şekil 18. Çağlık

Orta Anadolu'da diğer tekstil kuruluşlarında da olduğu gibi müşteri isteğine göre üretim yapılmaktadır. Pamuk iplik haline geldikten sonra istenirse, ipliğe büküm stabilitesi ve dayanıklılık kazandırmak amacıyla iplik üzerine belli sıcaklık, basınç ve sürede su buharı uygulanmaktadır. Bu işleme, Fiksaj adı verilmektedir. Fiksajda iplik üzerine, basınç değeri 0,90 milibar ve sıcaklığı 85-90 °C olan su buharı uygulanmaktadır. İpliğin fiksaj işlemine girişindeki nem miktarı % 5-6 iken çıkış nem miktarı ise % 7,5-8 arasında olmaktadır.

2.2.4. Boyama Prosesi

Boyama öncesi kuru proseslerde halatlar haline getirilmiş iplikler, fabrikanın boyama bölümünde ilk olarak ıslak prosese tabi tutulmaktadır. Fabrikada boyama ünitesinde ipliği dokumaya hazır hale getirmeye yönelik 5 temel işlem uygulanmaktadır. Bunlar ön işlem, yıkama, boyama, yumuşatma ve kurutma olarak sıralanabilir. Tüm bu işlemler, fabrikada “İndigo Boyama” olarak adlandırılan ünite de gerçekleştirilmektedir. İşlemlerin uygulanma sırası temel olarak ön işlem, yıkama, boyama, yıkama, yumuşatma, kurutma şeklinde belirtilebilmektedir.

Fabrikada esas olarak boyama işleminin yapıldığı 4 adet makine mevcuttur. Hatlar ön işlem, ön yıkama, indigo, topping, arka yıkama ve yumuşatma teknelerinden oluşmaktadır. Tüm hatların sonunda boyanan halatın kurutulması için barabanlar bulunmaktadır. Bu makineler birbirinden farklı tekne sayıları ve tekne hacimlerine sahiptir.

Makinelerle ilgili bilgi Ek 2 - İndigo boyama prosesi akım şemasında verilmektedir.

Halat halinde gelen iplikler, istenen boyama şekline göre bu 4 makineden birine verilmekte ve dokuma işlemine kadar sırasıyla bu makinelerdeki proseslere tabi tutulmaktadır. Her makinedeki yıkama ya da boyama uygulamaları için tekne sayıları değişebilmektedir. Bu değişime uygun olarak halat (kılavuz) yolları değişiklik gösterebilmektedir.

Boyamadaki her bir makineye giren toplam halat (tops) sayısı 24’tür. Toplar indigo boyamaya gelirken üzerlerinde boyama ve iplik özelliklerini gösteren etiketler taşımaktadır. Bu etiketlere “iş emri” denmektedir. Fabrikada topsların göreceği bütün işlemlerin bilgisi bütün proseslerde (boyama, haşılama, dokuma, terbiye) iş emirleri üzerinden ilerlemektedir.

Her bir boyama makinesinin maksimum kapasitesi 20000 metredir. Makinelere bir defada geçirilebilecek halat uzunluğu 800 metredir. Bununla birlikte boyamada makine hızı önemli bir parametredir ve elde edilmek istenen boyama rengine göre her boyama için farklılık gösterebilmektedir. Hız artarsa halatın tüm banyolar içinde geçireceği zaman azalacağından

boyama kalitesi düşebilmektedir. Bu sebeple boyama makinesi hızı önemli bir kontrol parametresi olarak düşünülmektedir.

Bir boyama türüne göre tamamlanmış boyama işlemi sonrası makinedeki mevcut halatların ucuna kılavuz denen önceden boyanmış halatlar bağlanmaktadır. Bu işlemin amacı bir sonraki iş emrine göre boyanacak halatların geçeceği tekneleri belirlemek ve bu süre içerisinde teknelere doldurulmuş boyama banyosunun dengeye oturmasını sağlamaktır. Kılavuz halatlar daha önceki boyama işlemlerinden kalmış artık halatlardan oluşturulmaktadır. Kılavuz yöntemi hazırlanmış olan boyama banyosunu dengeye getirmek için uygulanmakta ve yaklaşık olarak 20 dakika sürmektedir. Kılavuzlar tel adedi açısından normal boyanan halatlardan daha az tele sahip olmaktadır ve her kılavuz 5-6 kez kullanılabilir.

İşlem banyosu ve yıkama suyu sıcaklıkları her bir işlem teknesi içinden geçen sıcak su-buhar boruları sayesinde ayarlanmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde boyama sırasında uygulanan her bir temel işlemle ilgili detaylı açıklamalar yer almaktadır.

2.2.4.1 Ön İşlem

Ön işlem uygulamasında temel amaç halattan gelen safsızlıkları alma, metal giderimi ve ıslatma yani ipliği boyanmaya hazır hale getirmek olarak açıklanabilmektedir.

Ön işlem çözeltileri yumuşak su ile hazırlanmaktadır. Kimyasallar mutfak kısmında tanklarda yumuşak su ile hazırlanıp teknelere otomatik olarak verilmektedir. Ön işlem tekneleri seviye kontrolü mekanizması ile işletilmektedir. Sisteme kuru halat girmektedir ve halat ön işlem teknesinden ağırlığının %65'i kadar ön işlem sıvısı emmiş olarak çıkmaktadır. Kuru halatın emme kapasitesi ağırlık tabanlı %65 olarak belirlendiği için harcanan çözeltiler miktarının işleme tabi tutulan toplam halat ağırlığının %65'i kadarı olduğu söylenebilir.

Orta Anadolu'da ipliğe iki tür ön işlem uygulanmaktadır. Bunlar, klasik ön işlem ve mersezyonlu ön işlem olarak sıralanabilmektedir. Uygulanacak ön işlem türü ortaya çıkacak olan ürünle ilgili müşteri talebine göre belirlenmektedir.

Klasik ön işlemden ihtiyaç duyulan kimyasallar ıslatıcı, iyon tutucu ve kostik (NaOH) olarak belirlenmiştir.

Merserizasyonlu ön işlemden ise ıslatıcı ve kostik kullanılmaktadır. Klasik ön işlemden farklı bir ıslatıcı kullanılmakta ve ihtiyaç duyulan konsantrasyon ön işlemden ihtiyaç duyulan ıslatıcı konsantrasyonundan çok daha yüksektir.

Ön işlem teknelerinden boyama süresince taşar olmamaktadır ve boyama işlemi bittiğinde tekne içerisindeki boya atıksu kanalına boşaltılmaktadır. Bunun yanında yanlış hazırlanan bir çözelti söz konusu olduğunda da atıksu kanalına boşaltım gerçekleşmektedir. Sıcaklık nedeni ile bir miktar buharlaşma söz konusu olmaktadır. Bununla birlikte ısıtma için kullanılan buhar atığı için kojenerasyon ünitesi kullanılmaktadır.

2.2.4.2. Ön İşlem Sonrası Ön Yıkama İşlemi

Ön işlem sonrası ön-yıkamada sert su kullanılmaktadır. Bu işlemin uygulanmasındaki amaç ön işlem teknesinde halatın üzerinde tuttuğu kimyasalların uzaklaşmasını sağlamaktır. Ön-yıkama teknelerindeki sıcaklık, halatın sıcaklığı ön işlem teknesinin sıcaklığından, sonraki işlemlerde ihtiyaç duyulan sıcaklığa gelecek şekilde ayarlandığı için değişiklik göstermektedir.

Yıkanmış halatın sıkılması yıkama tekneleri arasındaki geçişlerde bulunan baskı silindirleriyle sağlanmaktadır. Tekne içinde bulunan sıkma ekipmanlarının sayısı tekne hacmi ile doğru orantılıdır ve buradan yola çıkarak küçük hacimli teknelerde sıkma işleminin büyük hacimlilere göre daha az etkin olduğu söylenebilmektedir. Yıkama tekneleri hacimlerinin birbirleri arasında değişiklik göstermelerinin nedeni sıkma işlemini arttırarak yıkamayı daha etkin hale getirmekle açıklanabilmektedir.

Yıkama işlemi seviye kontrollü yapılmaktadır. Su besleme debileri elde edilecek olan üründeki istenen kalite ve etkiye göre çeşitlilik göstermektedir. Yıkama teknelerinde su taşarlarının gerçekleşeceği çıkışlar bulunmaktadır. Taşan sular atıksu kanalına verilmektedir.

2.2.4.3. Boyama

Fabrikanın kullandığı boyama işlemi, emdirmeli ve çektirmeli sistemlerden, boyanın tekne içine daldırılıp boyanın emilimin sağlanması şeklinde özetlenmektedir. Fabrikada kesintisiz emdirmeli işlem ile boyama yapılmaktadır. Bunun yanında, fabrikada boyanan hammadde olarak yalnızca selüloz lif (pamuk) kullanılmaktadır.

Fabrikada uygulanan boyama tipleri müşteriler tarafından istenen ürüne göre çeşitlilik göstermektedir. Farklı reçeteler ve proseslerle uygulanarak çeşitliliği sağlayan boya türleri ise indigo, kükürt, reaktif ve indantren boyalarıdır. Fakat reaktif boya kullanımı proje süreci içerisinde gerçekleşmemiştir. Boyama teknesinde kullanılacak boya ve kimyasalların hesabı ağırlık bazında yapılmaktadır. Fabrikada kullanılan boya çeşitleri ve uygulama yöntemleri ile ilgili bilgiler aşağıdaki gibidir.

a. İndigo Boya ve Uygulaması

İndigo küp boya sınıfına giren suda çözünmeyen bir boyadır. Çözünmesi için indirgenmesi gerekmektedir. İndirgenmesi yüksek pH'larda indirgeyici kimyasal olarak hidrosülfid kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Boyama tanklarında indirgenmiş indigo içine giren halat indigoyu üzerine alır ve banyodan çıktığında hava ile temas ettiğinde oksitlenir (pad-sky) ve ipler üzerine fikse olur.

Boyama banyosu stok vat (indirgenmiş indigo) kullanılarak hazırlanmaktadır. Boyama türü pad-sky'dır. Bu aşamada "pad" halatın tekne içine daldırılarak boyayı emmesi anlamına gelirken, "sky" boyanın havada oksitlenerek fikse olmasını anlatan bir tekstil terimidir.

İndirgenmiş indigoyu içeren boya teknelerinin yüzeyinde kalın bir köpük tabakası oluşmaktadır. Böyle bir tabaka tercih nedenidir çünkü boya hava ile temasında oksitlenerek suda çözünmeyen formuna geri dönmektedir. Bu da boyama verimini düşürebilmektedir. Ancak bu köpük tabakası sayesinde tekne içine hava girişi engellenip indigo indirgenmiş halde tutulabilmektedir.

Boyama tankında genellikle gerekenden fazla hidrosülfite uygulanmaktadır. Bunun için, saatte bir tanklardan alınan numunelerde laboratuvarda indigo ve fazla hidrosülfite miktarları izlenilmektedir. Kullanılacak fazla hidrosülfite miktarı boyanın life istenen penetrasyonuna göre artıp azalmaktadır. Fazla penetrasyon isteniyorsa hidrosülfite miktarı arttırılmaktadır.

Boyar madde fiksasyonu sağlandıktan sonra, istenen renge bağlı olmak üzere, boyanmış halat sayısı değişken olan boyama tekneleri içinden geçer. Son boyama teknesinden çıkan halat da havada boyanın oksitlenmesi ile sağlanan fiksasyon sonrası arka yıkama teknesine girmektedir. İndigo boyama teknelerinden çıkan çözeltiler tanklarda tekrar kullanılmak üzere depolanmaktadır.

b. Kükürt Boya ve Uygulaması

Kükürt boyamada uygulanan yöntem pad-steam olarak belirlenmiştir. Boyanacak olan halat boyama teknesine daldırılıp çıkarıldıktan sonra fiksasyonun sağlanması için buhara tabi tutulmaktadır.

Boyama banyosunda kullanılan kimyasallar; kükürt boyar maddesi, stabilizatör, ıslatıcı, indirgen ve kostik olarak belirlenmiştir.

Halat boyama banyosuna daldırıldıktan sonra, fiksasyonun sağlanabilmesi için, kurutulup buhar tutma kapasitesi arttırılıp steamer'a sokulmaktadır. Boyası buharla fikse edilmiş halat arka yıkama teknelerine gönderilmektedir. Boyama banyosu boyama işlemi bittikten sonra atıksu kanalına boşaltılmaktadır.

c. İndantren Boya ve Uygulaması

İndantren boyama pad-steam uygulaması ile gerçekleştirilmektedir. İndantren boyar maddesi de indigo gibi bir küp boya (vat boya) çeşididir. Suda çözünmez. Açık renk boyamalarda kullanılmaktadır. Boyama banyosu içerisinde bulunan kimyasallar; indirgen, ıslatıcı, anti migrasyon maddesi ve kostik olarak sıralanabilmektedir. İndirgen madde olarak indigo boyamada olduğu gibi hidrosülfite kullanılmaktadır. Buharla fiksasyon sağlandıktan sonra

boyanmış olan halatlar arka yıkama teknelerine gönderilmektedir. Boyama bitiminde boyama banyosu atıksu kanalına boşaltılmaktadır.

Tablo 6. Boyama Prosesi için Genel Çevresel Değerlendirme

İşlemler	Emisyon Kaynakları	Emisyon Türleri
Boya mutfağı işlemleri	Boya hazırlama	Her parti sonunda, kesintili, düşük emisyonlu su emisyonu (temizleme)
	Yardımcı kimyasal maddelerin hazırlanması	Her parti sonunda, kesintili, düşük emisyonlu su emisyonu (temizleme)
Kesintisiz Boyama	Boya ve yardımcı kimyasalların dozajlanması (manuel)	Hatalı kimyasal madde hazırlama ve dozajından kaynaklanan dolaylı kirlilik
	Boya ve yardımcı kimyasalların dozajlanması (otomatik)	Düzenli kalibrasyonu yapılan ve doğruluğu kanıtlanmış sistemlerde emisyon oluşmaz
	Boya Uygulaması	Boya banyosu boşaltılmadığı sürece işlemde emisyon oluşmaz
	Kuru ısı veya buharla fiksaj	Havaya kesintisiz emisyon
	Boyama sonrası yıkama ve durulama işlemleri	Kesintisiz , düşük konsantrasyonlu su emisyonu
	Tekneler ve besleme tanklarındaki flotte artıklarının boşaltılması	Her parti sonunda, kesintili, konsantre su emisyonu
	Makine temizliği	Kesintili, düşük konsantrasyonlu su emisyonu (indirgen maddeler gibi zararlı maddeler)

Fabrikada pilot ölçekte çalışılan bir boyama yöntemi ise elektro-kimyasal boyama (bobin boyama)'dır. Elektro-kimyasal boyama sistemi pilot ölçekte fabrikadaki Araştırma-Geliştirme çalışmaları kapsamında yürütülmektedir. Bu projede Avusturya Leopold-Franzens Üniversitesi ile çalışılmakta olup, Thies ve Dystar firmaları ile ortak olarak yürütülmektedir. Bu boyama indantren ve reaktif boyalamalar için uygun olup indigo boyama için geliştirme çalışmalarına devam edilmektedir. Eğer başarı sağlanırsa ilerleyen yıllarda boyama sistemine alternatif olarak yatırım yapılması düşünülmektedir.

Elektro-kimyasal boyamanın iyi bir alternatif olarak düşünülmesinin sebebi, normal boyamada indirgen olarak kullanılan ve çevresel açıdan kirlilik kaynağı olan hidrosülfite gerek duyulmamasıdır. Boyanın indirgenmesi elektriksel akım ile sağlanmaktadır. Membranlı indirgeme sistemine, anot yani yükseltgen olarak NaOH beslemesi yapılırken, katot olan boya da aynı tanka verilmektedir. Sağlanan elektrikle kostik maddesinden ayrılan elektronların geçmesine imkan veren membran (sodyum zarı) ve elektronu üzerinde boyar maddeye taşımak için mevcut mediatör (Fe kompleksi) sayesinde indirgenme gerçekleşir. İndirgenme esnasında elektrik akımı yüzünden açığa hidrojen gazı çıkmaktadır.

İndirgenme tankından boyama tankına pompayla taşınan indirgenmiş boyar madde aynı tanka yerleştirilmiş bobinleri yüksek basınç ve sıcaklıkta boyar. İşlem mekanizması önce içten dışa, sonra dıştan içe boya akımıyla sağlanmaktadır. Bu boya akışını basınç miktarı ve yönü kontrol ederek boyanın bobinlerdeki ipliklere nüfuz etmesi sağlanmaktadır.

Bobinleri boyamak için kullanılan indirgenmiş boyadan arta kalan boya oksitlenme öncesinde basınç ile boya tankına geri gönderilmektedir. Bu basınç yukarıdan sisteme önce nitrojen sonrasında da hava basılarak sağlanmaktadır. Nitrojen verilmesinin amacı boyanın hava ile temasını keserek oksitlenmesinin engellenmesidir. Nitrojen havadaki oksijeni tutmakta ve boyanın tekrar kullanılmasını sağlamaktadır. Böylelikle kullanılan boya 12 kez kullanılabilir. Oniki sayısı denenerek elde edilmiştir. Onikinci kullanımdan sonra boyadaki elyaf kirliliği tekrar kullanılmasını engellemektedir.

Tankta kalan indirgenmiş boyalı bobinlere boyanın fikse edilmesi su ve hidrojenperoksit ya da bromat ile sağlanmaktadır. Oksitlenmenin sağlanması, yani peroksitin bobinlerdeki tüm iplere teması boyama aşamasındaki mekanizmayla gerçekleşmektedir. İçten dışa, dıştan içe hareket sayesinde temas sağlanıp verimli bir fiksasyon olmaktadır.

Fiksasyonu sağlanan bobinler santrifüj mekanizması ile sıkılmaktadır. Merkezkaç kuvveti bobinlerde pres etkisi yaratarak fazla sıvıdan arındırmaktadır. Santrifüjden çıkan bobinler kurutmaya alınmaktadır. Kurutmada radyo dalgaları kullanılmaktadır. Buradan çıkan bobinler levent halinde kullanım amacına göre haşıla ya da direkt olarak dokumaya gönderilmektedir.

2.2.4.4. Boyama Sonrası Arka Yıkama İşlemi

Boyama sonrası arka yıkama, sert su ve yumuşak su ile gerçekleştirilmektedir. Ön işlem sonrası ön yıkamada olduğu gibi taşarlar söz konusu olup ve su beslemeleri ile boyama banyosu kimyasallarının halattan uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

2.2.4.5. Yumuşatma

Boyamadan çıktıktan sonra yıkanan halat, boyama ünitesinden sonraki halat açmada kolaylık kazandırması amaçlı yumuşatma teknesinden geçirilmektedir. Yumuşatma teknesinde yağ bazlı bir yumuşatma kimyasalı ile pH ayarlayıcı asit bulunmaktadır. Yumuşatma teknelerinde taşar bulunmamaktadır. Gerekli beslemelerin sağlanması koşulu ile haftada bir değiştirilmesi yeterli olmaktadır. Bu sebepten dolayı her bir boyama makinesinden atıksu kanalına haftada bir boşaltım söz konusudur.

2.2.4.6. Kurutma

Kurutma işleminde yumuşatmadan çıkan halatın %68 olan neminin %7 – 8 değerine indirilmesi amaçlanmaktadır. Kurutma işleminde baraban ismi verilen silindirler kullanılmaktadır. Halatın istenilen nem düzeyine gelmesini sağlayan buhar basıncı ölçme işlemi mahlo adı verilen göstericilerle sağlanmaktadır. Baraban sistemi içerisinde buharın çekilmesini sağlayan bir vakum sistemi bulunmaktadır. Kurutmadan çıkan halat dokuma öncesi mukavemet kazanması amaçlı haşillama bölümüne gönderilmektedir.

2.2.5. Haşıl Prosesi

Haşillama, pamuk ipliğin dokumada maruz kalınan kuvvete direnç gösterebilmesi için mukavemet kazandırmak amacıyla yapılan işlemdir. Fabrikada haşıl prosesinde aynı anda işletilebilecek 4 makine vardır. Her makine de iki tekne mevcuttur. Halat açmadan gelen iplikler levent halinde sadece yumuşak suyun kullanıldığı ilk teknelere girer. Burada amaç, ipliğin su ile doyurularak haşıl teknesinde alınacak haşılın sadece iplik yüzeyinde kalması ve dolayısıyla haşıl tüketiminin azaltılmasıdır. Haşillamadan sonra çözümler önce yüksek sıcaklık altında sonra sistemin çıkışında istenen nem miktarına bağlı olarak sıcaklığın

azaltılması esasıyla kurutulur. Kurutulan özgüleri tahar işleminde geçer. Tahar özgülerde tarak işleminin uygulanması demektir. Bu işlemin amacı dokumaya hazırlık ve dokuma leventlerine özgünün kolay sarılmasını sağlamaktır.

Fabrikada haşılama da kullanılan ana kimyasal nişastadır. Haşıl kimyasalı olarak iki tür nişasta kullanılmaktadır. Bunlar patates nişastası ve mısır nişastasıdır. Patates nişastasının kullanımı mısır nişastasına göre oldukça fazladır. Haşılama işleminde nişasta ana kimyasalına yardımcı olarak da sentetik haşıl kimyasalları ve bitkisel yağ kullanılmaktadır. Haşılama işleminde sonra iplikler dokumak üzere dokuma bölümüne gönderilmektedir.

2.2.6. Dokuma

İşletme Türkiye'deki en büyük tekstil üreticileri arasındadır. Dokuma işleminde geçen kumaş miktarı aylık yaklaşık 4 milyon metredir. İşletmenin yıllık üretim kapasitesi yaklaşık 20.000 ton koton iplik ve 45 milyon metre denim kumaştır.

Dokuma işlemi, birbirlerine dik ve paralel konumda bulunan ipliklerin birbirlerinin altından üstünden geçerek kumaş oluşturulması işlemidir. İşletmede dokuma işlemi esnasında iki tip iplik kullanılmaktadır; birincisi indigo boyama işleminden geçmiş olan ve çözgü adı verilen iplik, ikincisi ise boyama işlemine tabi tutulmayan ve atkı olarak adlandırılan ipliktir.

Dokuma işlemi tekstil kuru prosesleri arasında yer almaktadır, dokuma sırasında su tüketimi gerçekleşmemektedir. Ancak, dokuma işleminin verimli bir şekilde gerçekleşmesi için ortamın belli bir nem değerine sahip olması gerekmektedir ve dokuma bölümünde gereken bu nem miktarını sağlamak amacıyla su kullanılmaktadır. Dokuma bölümünde, ortamın nem miktarını dokuma işlemi için uygun bir seviyede tutmak, rutubeti sağlamak amacıyla 6 adet klima kullanılmaktadır.

Dokuma işleminde sonra kumaşlar uygulanacak işlem türüne göre terbiye bölümünün ilgili kısımlarına gönderilmektedir.

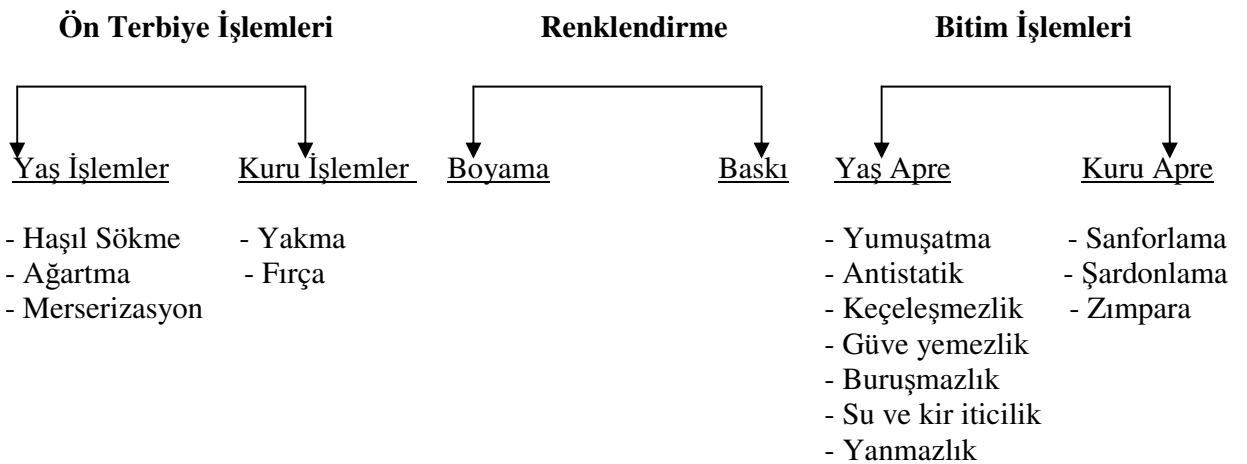
2.2.7. Terbiye Prosesi

Orta Anadolu'da terbiye bölümü toplam 9500 m² lik bir alana kurulmuştur. Bu bölüm yaklaşık 60 çalışanıyla günde 195 000 metre üretim kapasitesine sahiptir. Denim üretim basamağı göz önüne alındığında kumaşa son işlemler bu bölümde uygulanmaktadır.

Terbiye kısaca dokumadan gelmiş beze satışa hazır hale gelmeden önce kullanma yeri ya da isteğine göre görünüm, tutum gibi özellikler kazandırılması amacıyla uygulanan; ön terbiye, renklendirme (boyama, baskı) ve bitim işlemleridir.

Yukarıda da belirtildiği gibi Orta Anadolu terbiye bölümünde temel olarak uygulanan işlemleri ön terbiye, renklendirme ve denim bitim işlemleri olarak üçe ayırabiliriz. Orta Anadolu'da terbiye bölümü yeni ve eski olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Bu iki kısımda terbiye işlemlerinin gerçekleştirildiği toplam 5 adet makine vardır. Bunlardan Makine 1 ve 2 yeni kısımda, Makine 3, 4 ve 5 ile yönetim binası eski kısımda yer almaktadır. Terbiye bölümünde denim hattı ve gabardin hattı olmak üzere iki üretim hattı mevcuttur.

Terbiye işlemlerinde bir sınıflandırma yapılması gerekirse, aşağıdaki şekilde sunulması mümkündür.



Bir diğer genel sınıflandırma da “kuru terbiye işlemleri” ve “yaş terbiye işlemleri” olarak yapılabilir:

- a) *Kuru Terbiye İşlemleri*: Kalender, Sanfor, Makas, Zımpara, Şardon, Karbon Fırça vb. mekanik işlemlerle kumaşa tutum sağlamak amacıyla yapılan işlemlerdir
- b) *Yaş Terbiye İşlemleri*: Yaş yapılış nedenleri, şekilleri ve sağladıkları terbiye etkileri kendi aralarında büyük farklılıklar göstermekle beraber, tüm yaş terbiye işlemleri genel olarak üç temel işlemden oluşmaktadır:
1. Terbiye maddesinin tekstil mamulüne uygulanması ve reaksiyonu
 2. Yıkama ve durulamalar
 3. Kurutma

2.2.7.1. Ön Terbiye

Kumaşın dokuma işleminden sonra boyama ve baskı işlemlerine hazır duruma gelene kadar gördüğü işlemlerin tümüne ön terbiye denir. Orta Anadolu'da kumaş pamuklu liflerden üretilmekte ve bu pamuklu liflerin ön terbiyesi büyük önem taşımaktadır. Genel olarak ön terbiyede amaç:

- a) Haşıl, yağ, mum ve pektin gibi lifin yapısında bulunan ya da önceki işlem basamaklarında life katılan safsızlıkların uzaklaştırılması,
- b) Düzgün bir beyazlık derecesi,
- c) Boyamaya yardımcı olması için düzgün şekilde şişmiş lifler,
- d) Gerekli nem yüzdesinin ve su emme yeteneğinin kazandırılmasıdır.

Terbiye bölümünde yakma, haşıl sökme, pişirme ve ağartma işlemlerinin hepsi Makine 1 de gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca üç makinede de mersevizasyon işlemi uygulanabilmektedir.

2.2.7.2. Yakma İşlemi

Yakma, ön terbiye dairesinde kumaşın gördüğü ilk işlemdir. Yakma, liflerden bükülerek meydana gelen ipliklerin üzerinden çıkan ince lif uçlarının giderilmesi amacıyla uygulanır. Bu sayede kumaş daha düzgün ve parlak bir yüzey görünümüne sahip olur. Yakma prosesinin ilk işlem olarak uygulanmasının nedenleri ise;

- a) Yakma işlemi esnasında kumaşın kuru olması gerekmektedir.

- b) Yakma prosesi sonucunda kumaşta hafif bir sararma gözlenebilmektedir. Sonraki işlem basamaklarında bu sakınca giderilebileceğinden ilk işlem olarak yakma uygulanır.

2.2.7.3. Haşıl Sökme

İplikleri belirli bir şekilde (derecede) koruyabilmek ve çözgü kopuşlarını azaltmak için yüksek dayanımlı çok katlı ipliklerin dışında kalan çözgü iplikleri genellikle haşıllanır (Bölüm 2.2.5). Haşıllama sırasında kullanılan ürünlerin büyük bir kısmı suda çözülmediklerinden ve hidrofobik olduklarından, yaş terbiye işlemleri sırasında kumaşın ıslanma ve emme özelliğini azaltmaktadır. Haşıl sökme işlemi kullanılan haşıl maddesi türüne göre değişmektedir. Suda çözünebilir haşıl maddeleri sadece yıkama ile uzaklaştırılabilirken, nişaşta vb. haşıl maddeleri enzimatik haşıl sökme gerektirmektedir. Orta Anadolu'da uygulanan haşıl sökme genellikle enzimatik olmaktadır.

Nişastanın parçalanmasında etkili olan enzimlere 'amilaz' denir. Amilazlar yalnız nişaşta makromoleküllerini parçalayıp selüloz kökenlilere ve diğer liflere hiç zarar vermezler. Bu nedenle enzimatik haşıl sökme en güvenli haşıl sökme yöntemidir. Enzimler mikroorganizma olduklarından çevre koşullarına karşı hassastırlar. Belirli pH ve sıcaklıktan sonra tamamen etkisiz kalabilirler. Bunun için enzimatik haşıl sökmede çalışma koşullarına dikkat edilmelidir.

2.2.7.4. Pişirme

Doğal pamuk lifleri yapısında selüloz ve nem haricinde yağ, vaks, pektin, hemiselüloz, protein gibi safsızlıklar içerirler. Bu safsızlıklar liflere yumuşak ve güzel bir tutum kazandırmakla birlikte liflerin hidrofobik bir karakter kazanmasını sağlarlar. Bu sebeple boyama, baskı gibi yaş işlemlerde iyi bir sonuç elde etmek zorlaşır, liflerin ıslanması engellenir. Hidrofilleştirme de denilen kostik pişirme işlemi sonucunda pamuk lifleri daha hidrofil bir yapı kazanırlar. Hidrofilleştirme işleminde gelişen olaylar şunlardır:

- a) Sabunlaşabilen yağ ve vakslar sabunlaştırılır,
- b) Pektinler sodyum pektinata dönüştürülür ve suda basitçe çözünür,

- c) Mineraller çözünür,
- d) Haşıl sökümünde uzaklaştırılmayan haşıl uzaklaştırılır,
- e) Hemiselülozlar ve küçük selüloz molekülleri çözünür,
- f) Ağartma prosesinde kumaş yapısındaki bitçiklerin uzaklaştırılması kolaylaşır,
- g) Dokumadan gelen makine yağları ve eğirme işleminde kumaşa katılan yağlar uzaklaştırılır.

Kumaş üzerinde bulunan doğal kaynaklı safsızlıkların haricinde, kumaşta bulunması muhtemel dokuma yağları, kirler, tozlar ve çepeller de bu işlemle uzaklaştırılır.

2.2.7.5. Ağartma

Ağartma, tekstil mamulündeki doğal renkli maddeleri (pigmentleri) organik olarak parçalayarak mamule belirli bir beyazlık kazandırma işlemidir. Pamuklu mamuller genellikle ham halde sarımtırak renktedir. Bu rengi hem pamuğun doğal yapısı hem de uygulanan kimyasal prosesler oluşturur. Pişirme genellikle doğal olmayan tüm renkli ve renksiz kirlilikleri açığa çıkarır. Doğal renk maddeleri ise yalnızca ağartma prosesiyle giderilir.

Ağartma bir oksidasyon prosesidir ve oksidasyonla renkli maddeler yok edilir. İşletmede pamuklu maddelerin ağartılmasında kullanılan oksitleyici madde peroksittir. Bu işlem "Kasar" makinesinde uygulanmaktadır. Yakma ve haşıl sökmeden sonra kostik pişirme ve ağartma işlemleri tek basamakta gerçekleştirilebilmektedir. İşletmede bu iki işlemin birlikte yapılması tercih edilmektedir.

Bu kısma kadar anlatılan haşıl sökme, kostik pişirme ve ağartma işlemleri Kasar makinesinde gerçekleştirilmektedir. Bu makine için tek bir reçete mevcuttur. Bu reçetede, ıslatıcı, stabilizatör, iyon tutucu, oksitleyici kimyasal ve kostik kullanılmaktadır.

2.2.7.6. Merserizasyon

Merserizasyon kumaşa kuvvetli bir baz olan kostik çözeltisinin uygulanması ve bu işlem sayesinde gerilime maruz bırakılması işlemidir. Merserizasyon işlemi genellikle ağartmadan

sonra uygulansa da, ham beze ya da boyamadan sonra da aynı amaçla uygulanabilmektedir. Merserizasyon ile kumaşa aşağıdaki özellikler kazandırılmaktadır:

- a) Merserizasyon sonucu pamuk liflerinin enine kesitinin şişmesi ve liflerin yüzeyindeki girinti ve çıkıntıların azalmasıyla liflerin ışığı düzgün yansıtma yeteneği artmaktadır.
- b) Yansıtmanın düzgünleşmesi ve geçirgenliğin artarak liflerin parlaklığı artmaktadır.
- c) Germenin etkisiyle merserizasyon sonucu liflerin kristalin yapısındaki çekim kuvvetleri arttığından ürünün kopma dayanımı artmakta ve esneme yeteneği azalmaktadır.
- d) Merserizasyon sonucu başlangıçtaki boyutlarına göre %2-4 gerdirilmiş bir kumaşın boyut değişmezliği (çekmezliği) artmaktadır.
- e) Merserizasyon sırasında kristalin alanların içine ve arasına giren sudan kostik, lifleri şişirmekte ve daha açık bir yapı kazanmalarını sağlamaktadır. Bu nedenle merserize edilmiş pamuk liflerinin boyarmadde alma hızı ve yeteneği artmaktadır.
- f) Daha düzgün yüzeye sahip olan merserize liflerin aynı miktar boya ile daha koyu renklere ulaşmaları sağlanmaktadır.

2.2.7.7. Renklendirme

İşletmede boyama işlemi Makine 3 ile sadece kumaşlara uygulanmaktadır. Boyama türüne göre uygulanan reçeteler Tablo 7'de verilmektedir. Kumaş boyamanın avantajları:

- a) Kumaş boyama iplik boyamaya nazaran daha ekonomiktir. Düz renklerin boyanmasında en düşük maliyetli metot kumaş boyamadır.
- b) Düz renklerin boyanması için en uygun yöntemdir.
- c) İplik boyamaya nazaran makineye girdirilip çıkarılmaları daha kolaydır.

Kumaş boyamanın dezavantajları ise:

- a) Düzgün boyama elde edilmesi zordur, hatalar kolay belli edilir.
- b) Kullanılan su, boyar madde ve yardımcı maddeler tüketimi bakımından daha maliyetlidir.

Tablo 7. Boyama türüne göre uygulanan reçeteler

Reaktif Boyama		Kükürt Boyama	
Reçete 1	Reçete 1	Reçete 2	
Reaktif Siyahı	Kükürt Siyahı	Peroksit	
Oksidasyon kimyasalı	Kırmızı	Asit	
Tuz (elektrolit)	Islatıcı		
Soda	Kostik		
Kostik	İndirgen madde		

Dokunan kumaşların renklendirilmesinde boyamaya ek olarak baskı adı verilen bir işlemde uygulanmaktadır. Boyamacılıkta renklendirme materyalin tümüne uygulanırken, baskıcılık bölgesel bir renklendirme işlemidir. Baskı ile kumaş üzerinde desen verilecek kısım sınırlı olarak boyanır. İşletmede baskı uygulaması talep üzerine gerçekleştirilmektedir.

2.2.7.8. Apre (Denim Bitim) İşlemleri

Apre (denim bitim) işlemleri mekanik yolla veya kimyasal maddelerle emdirme, daldırma yoluyla kimyasal uygulama ve ardından yıkama olacak şekilde denim kumaşa daha iyi görünüm, tutum ve kullanım özelliği kazandırmak için uygulanan son terbiye işlemidir. Apre işleminin temel amacı; denimi isteğe ve kullanım yerine uygun hale getirmektedir. İşletmede uygulanan bitim işlemleri genel olarak prosesin uygulama şekline göre:

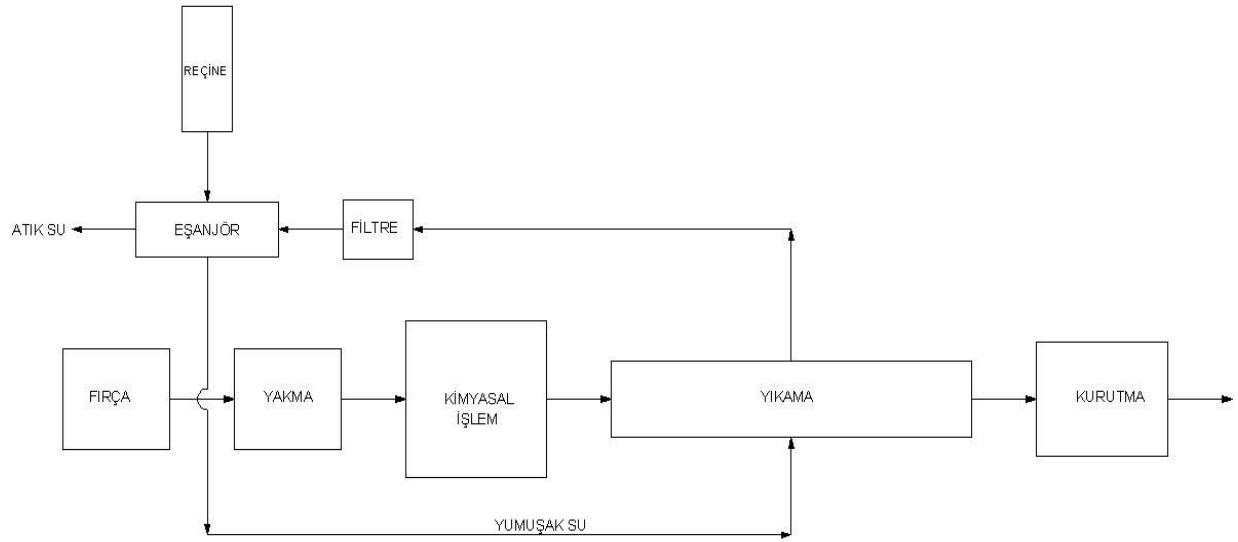
- a) Kimyasal bitim işlemleri (Apre),
- b) Mekanik (fiziksel) bitim işlemleri

olmak üzere ikiye ayrılır.

Kimyasal bitim işlemleri ile daha çok emdirme yöntemiyle kumaşın kimyasal alımı sağlanmaktadır. Kimyasal bitim işlemlerinde ön terbiye işlemlerinin aksine kumaşın gerekli terbiye maddelerini bünyesine aldirarak ağırlığında artış sağlanmaktadır. Terbiye maddelerinin kumaşa uygulanmasında en çok kullanılan yöntem emdirme yöntemidir. Ancak terbiye maddelerinin tekstil ürününe eğilimi az olduğundan, ilk yıkamadan itibaren kumaş üzerinden akmaya başlarlar.

Bitim işlemlerini uygulama amacına göre ayırırsak; tutum ve görünümü geliştiren apreler; örneğin yumuşatma, sert tutum ve dolgu apresi, kullanımı geliştiren apreler; örneğin çekmezlik, buruşmazlık, güç tutuşurluk, yanmazlık, kir tutmazlık ya da su geçirmezlik gibi apre uygulamaları vardır.

İşletmede apre işlemleri üç farklı makinede gerçekleştirilebilmektedir. Bu makinelerin bazılarında denim merserizasyon işlemi de gerçekleştirilebilmektedir. Denim merserize işleminde öncelikle kumaşın kostiği alması sağlanır. Ardından yüksek sıcaklıkta yıkama uygulanır ve kumaş kurutulur. Denim merserize makinesi olarak kullanılan makinelerin temel yapısı aşağıda Şekil 19’da görülmektedir.



Şekil 19. Makine 4 ve 5 Denim Merserizasyon Genel Akım Şeması

İşlem basamağı incelenecek olunursa; fırça ve yakma işlemlerinden çıkan kuru haldeki kumaş, kimyasal teknesine daldırılır. Böylece gerekli kimyasalları kazanması sağlanır. Ardından bir eşanjör sistemi yardımıyla sistemin kendi ısısı kullanılarak belli bir sıcaklığa getirilen yumuşak su ile yıkama bölümünde yüksek sıcaklıklarda yıkama gerçekleştirilir. Şekilden de görüldüğü atık su eşanjör sistemine verilmeden önce sisteme zarar vermesini önlemek amacıyla, kaba bir filtre yardımıyla sudaki elyaf tutulmaktadır.

Kimyasal bitim işlemlerinin sonunda kumaşa bazı fiziksel bitim işlemleri de uygulanmaktadır. Fiziksel bitim işlemleri kuru terbiye işlemleri olarak da adlandırılabilirler.

Kuru bitim işlemlerinde ise tekstil mamulüne istenen özellikler mekanik bir uygulama sonucu kazandırılır. Mekanik bitim işlemleri çoğunlukla kumaşın görünüm ve tutum özelliğinin geliştirilmesi amacıyla yapılır. Bazı mekanik bitim işlemleri, prosesleri aşamasında mamule su veya yardımcı maddeler etkisiyle uygulanırlar. Ancak yine de bunlar mekanik ya da kuru bitim işlemleri adını alırlar. Kuru bitim olarak uygulanan genel işlemler Kalender, Sanfor, Makas, Zımpara, Şardon, Karbon Fırça vb. olmaktadır.

2.2.3. Kimyasal Deposu ve Laboratuvar

Tesis içinde toplam 5 adet kimyasal deposu bulunmaktadır. Depolardaki kimyasalların, yardımcı kimyasallar ve boyalar diye iki bölüme ayrılıp kayıtları yapılmaktadır. Depoların isimlendirmeleri ve projenin başlangıç aşamasında depolar içerisinde ne kadar kimyasal depolandığı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 8. Kimyasal Depo Adı ve İçindeki Kimyasal Miktarları

Depo Adı	Yardımcı Kimyasal + Boya Miktarı (kg)
R-1	133 027
R-2	540 676
R-3	131 596
R-4	33 073
21	367
Toplam	838 739

Depolarda minimum kimyasal ve boya stoklarını koruyacak şekilde alımlar yapılmaktadır. Alınan maddeler stok balans raporlarına işlenmektedir. Fabrikada, FIFO (first in first out) kurallarına uyularak, alınan maddelerin son kullanım tarihlerine ulaşmadan ilk gelen malzemenin ilk tüketilmesi sağlanmaktadır.

Depoya gelen ürünler, 200 gr'lık numuneler halinde, Terbiye Laboratuvarına gönderilip burada kullanılabilirlik ve kalite testlerine tabi tutulmaktadır. Testlerden kullanılabilir onayı alan kimyasal ve boyalar etiketlenip, proseslerde kullanılabileceği kadar depoda muhafaza edilmektedir.

Depodaki kimyasal yerleştirme dzeninde herhangi bir kurala uyulmamakla birlikte, sadece yanıcı ve patlayıcı maddeler deponun içinde duvarla ayrılmış başka bir stoklama alanında muhafaza edilmektedir.

İşçi sağlığı ve gvenliği için gerekli ikaz talimat levhaları (şekil 20) herkesin kolayca gvbileceği yerlerde asılı durmaktadır. Zararlı kimyasallara temas etmiş işçiler için hazırda bir duş (şekil 21) ve kimyasallardan örnekler almak için gerekli koruyucu giysi ve aparatlar kimyasal örnekleme yeri yakınında bulunmaktadır.



şekil 20. Kimyasal Deposunda Bulunan İkaz Talimat Levhaları



şekil 21. Zararlı Kimyasalların Vücuda Temas Ettiği Takdirde Kullanılacak Olan Duş

2.3. Tesisle BREF Tekstil Dokümanının Karşılaştırılması

İkinci alt proje çalışmaları kapsamında, tesis ziyaret edilmiş, işletmedeki prosesler, kullanılan hammaddeler ve işlemler incelenmiş, uygun kirlilik önleme ve arıtma teknikleri üzerinde çalışabilmek için gerekli olan proses tanıma aşaması gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte kirlilik önleme çalışmasının bir parçası olan atık denetimi uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi için tüm atıkların cins, miktar ve içeriklerinin karakterizasyonu, tüm deşarjların ve mevcut arıtım metotlarının belirlenmesi, değerlendirilmesi, her türlü atık bertaraf maliyetlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile uygulanacak yaklaşımın belirlenmesine yönelik ilk çalışmalar başlatılmıştır.

Yapılan ilk tesis ziyareti akabinde, elde edilen proses bilgileri ile BREF Tekstil Dokümanı üzerinde çalışılmış ve “Mevcut En İyi Teknikler” arasından işletme ile paralellik gösterenler seçilmiştir. BREF Tekstil Dokümanı’ndan tesis ile ilgili olduğu için seçilen kirlilik önleme ve azaltma olanakları prosesler özelinde, işletmenin kullandığı tüm uygulamalar göz önünde bulundurularak incelenmiş ve uygulanabilirlik değerlendirmeleri sonucunda ilk aşamada 22 adet uygulanabilir “Kirlilik Önleme ve Azaltma Seçeneği” belirlenmiştir. Ardından, belirlenen bu öneriler Orta Anadolu yetkilileri ile tartışılmış ve bu önerilerden 11 adedi, Orta Anadolu tarafından tesisin özel şartları ve üretim süreci göz önüne alındığında uygulanabilir bulunmamıştır. Bu analizlerle ilgili detaylı bir rapor fabrika yetkililerine teslim edilmiştir. Sözü geçen rapor, Ek 3’te verilmiştir.

Belirlenen BAT önerilerinin fabrika bazında uygulanabilirliğinin test edilmesi için fabrikaya bir tesis ziyareti gerçekleştirilmiştir ve belirlenen BAT önerileri üzerinde ilgili işletmelerin teknik sorumluları ile birlikte çalışılmıştır. Önerilen her bir kirlilik önleme ve azaltma olanağı, tesis sorumlularının üretim deneyimleri ve bilgilerinden yararlanılarak değerlendirilmiş, söz konusu önerilerden bir kısmının daha uygulanmasının gerek üretim süreçleri göz önüne alındığında gerekse fayda/maliyet açısından değerlendirildiğinde pratik olmadığına, dolayısıyla Orta Anadolu için bir "BAT" önerisi olamayacağına karar verilmiştir. Böylelikle, Tablo 9’da sunulan BAT önerileri belirlenmiştir.

Tüm bu analizler Orta Anadolu'nun BREF Tekstil Dokümanı ile oldukça uyumlu olduğunu açıkça göstermektedir.

Tablo 9. BREF Tekstil Dokümanı referans alınarak belirlenen 9 adet temiz üretim önerisi

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	ORTA ANADOLU'DAN BEKLENENLER
1	Alternatif Kimyasal Kullanımı	Proseste çeşitli aşamalarda, “iyon tutucu, ıslatıcı, dispergator” olarak kullanılan çeşitli kimyasallar için alternatif kimyasallar belirlenmiş olup, bu kimyasalların ve eşleniklerinin biyo-parçalanırlıklarının ve ürün kalitesine etkilerinin tesiste denenip gözlenmesi beklenmektedir.
2	Merserizasyon durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması ve tekrar kullanılması	Terbiye bölümünde mevcut KASAG makinasına ait teknik bilgiler ve kullanım özelliklerini içeren kılavuz tarafımızdan talep edilmektedir.Merserizasyonlu ön işlem sonrası yıkama teknelerindeki analizlerden alınan sonuçlar doğrultusunda olası alkali geri kazanımı için KASAG makinasının denenmesi beklenmektedir.
3	İndigo Hattı yıkama suyunun yeniden kullanımı ve tasarrufu	Yapılan karakterizasyon çalışmaları devam etmektedir. Şu ana kadar elde edilen sonuçların desteklediği ölçüde; yıkama teknesi iptali, yıkama teknesi suyunun yeniden kullanımı, daha az kirliliğe sahip yıkama suyu teknelerinin hatlar arası kullanımı seçeneklerinin tesiste denenerek ürün kalitesindeki değişimi gözlemlemesi beklenmektedir.
4	Terbiye bölümünde otomatik durdurma valflerinin kullanılması.	Yönetimde bu önerinin uygunluğunun tartışılacağını ifade edilmiştir. Bu konudaki gelişmeler ile ilgili bilgi beklenmektedir.
5	Halat boyamada ters akım prensibi ile yıkama	Ters akımlı yıkama tekniğiyle ilgili teknik literatür araştırması yapılmış ve tesise önerilmiştir. Önerimiz sonrası, işletme ile yapılan son görüşmede ters akım seçeneğinin uygulanabilmesi için gerekli ekipmanların siparişlerinin verildiği bilgisi alınmıştır. Bu ekipmanlar ulaşır ulaşmaz, uygulama çalışmalarına başlamak için haber beklemekteyiz.

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	ORTA ANADOLU'DAN BEKLENENLER
6	Ramözlerin Optimizasyonu	Sıcak havanın ısı eşanjörleriyle geri kazanılması amacıyla 2006 Mart ayı içerisinde Orta Anadolu'da bir çalışma yapılacağı bilgisi verilmiştir, gelişmeler ile ilgili bilgi beklenmektedir.
7	Uygulanan boyama banyosunun yeniden kullanımı	Gönderilecek rapor dahilinde boya banyosu için hazırlama prosedürünün incelenip denenmesi ve kükürt boyama banyosu için üretim tecrübesine dayalı metodun geliştirilmesi beklenmektedir.
8	Kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi	Tesis ziyaretimiz sırasında kılavuz rotası değiştirilmesi yöntemi ile su tasarrufu sağlanabileceğine ve bir deneme uygulaması yapılması gerektiğine karar verilmişti. Bu uygulama konusunda da haber beklemekteyiz.
9	Terbiye yıkama suyunun kalitesinin arıtma teknolojileri uygulanarak artırılarak yeniden kullanımı	Terbiye yıkama suyunun karakterizasyon çalışmaları devam etmektedir. Üzerinde çalışılacak olan arıtma teknolojileri sonrasında elde edilen arıtılmış suyun kullanılabilirliğinin tesis tarafından denenmesi ve üretim kalitesindeki sonucu gözlemlemesi beklenmektedir.

2.4. Tesiste Uygulamaya Konulan BAT Önlemleri

Orta Anadolu için BREF Tekstil Dokümanı kapsamında belirlenen ve yukarıda listelenen BAT önerilerinin birkısmı proje süresince fabrika ölçeğinde hayata geçirilirken birkısmı da laboratuvar ölçekli çalışmalar olarak yürütülmüştür. Laboratuvar ölçekli çalışmaların hayata geçirilebilmesi için öncelikle üretime ve ürün kalitesine etkisini gözlemlemek gerekmektedir. Bu bağlamda pilot ölçek çalışmaların yürütülmesi önem teşkil etmektedir.

Fabrika genelinde hayata geçirilen BAT önlemleri aşağıda sıralanmaktadır:

- *Boyama ve terbiye proseslerinde debimetrelerin takılması:* Boyama ve terbiye proseslerinde makinalar üzerine debimetrelerin takılması, bu makinalarda ve proseslerde su tüketimi kontrolünü sağlamaktadır. Bunun yanında, su tüketiminin farklı dönemler için (günlük, aylık, yıllık) kayıt altına alınması, su tüketimini azaltma amacıyla yapılan iyileştirmeleri de gözleme ve izleme imkanı sağlamaktadır.
- *Ters yıkama prensibinin uygulanması:* Boyama ve terbiye proseslerinde bazı makinalarda en son yıkama teknelerinin diğer teknelere göre daha az kirlenmiş suyu eğer uygunsa diğer döngülerde yeniden kullanılması, toplam tüketilen suyun azalmasını sağlamaktadır. Ve böylece, yıkama verimliliği yükseltilebilir.
- *Ters osmoz ünitesindeki konsantre sularının yeniden kullanılması:* Ters osmoz ünitesindeki konsantre suların, temizlik amacı ile tuvaletlerde vb yerlerde kullanılması temizlik amacı ile tüketilen su miktarını azaltacaktır. Aynı zamanda bu durumda temizlik için gerekli olan miktardaki suyun kuyulardan çekilmeyeceği düşünülürse, bu uygulamanın pompaj harcamalarını da düşürecektir.
- *İyon değiştirici ünitesindeki rejenerasyon yıkama sularının azaltılması:* İyon değiştiricilerinin rejenerasyonu için gereksiz tüketilen su miktarının azaltılması kuyulardan çekilen toplam su miktarını azalttığı gibi, fabrikanın su tüketimi performansını da yükseltir.
- *Fabrika genelinde makinalarda, borularda ve proses banyolarında ısı kaybını önlemek amacıyla izolasyon*

Yukarıda listelenen ve hayata geçirilen BAT önlemlerinin yanı sıra laboratuvar ölçeğinde su geri kazanımına yönelik yürütülen ve fabrika yetkilileri tarafından ileride hayata geçirilmesi planlanan çalışmalar:

- *Boyama ve terbiye sularının uygun arıtma teknikleri uygulanmasından sonra yeniden kullanılması (ileri oksidasyon, membran artımı vb.)* Yıkama suları çeşitli kimyasallar ve boya maddeleri içerir. Bu maddeler çeşitli arıtım yöntemleri ile giderildikten sonra arıtılmış su, yeniden kullanım kriterlerine uyması durumunda proseslerde yeniden kullanılabilir ve böylece kuyulardan çekilen su miktarını azaltmak suretiyle toplam su tüketimini azaltıcı önemli bir faktör olabilir.
- *Terbiye prosesinde merserizasyon sularındaki sodyum hidroksitin geri kazanımı:* Sodyum hidroksitin geri kazanımı sonrasında geriye kalan su proseslere geri döndürülerek kullanıldığında, yalnızca kullanılan kimyasal miktarı azaltılmamış aynı zamanda su tüketimi de önemli bir ölçüde azaltılmış olacaktır. Bu çalışma pilot ölçekte kurulan bir membran sistemi ile başlatılmıştır. Halen bu sistemin optimizasyonuna yönelik çalışmalar sürmektedir.

BREF Tekstil Dokümanı'nın önerdiği BAT önlemlerinin yanı sıra fabrika yetkililerince tespit edilen ve genel su kullanımını büyük ölçüde azaltmış olan aşağıdaki önlem hayata geçirilmiştir:

- *Kompresör soğutma sularının proseslerde yeniden kullanılması:* Kompresörleri soğutmak amacıyla kullanılan yumuşak suların prosese geri çevrilerek yeniden kullanılması, fabrikada toplam tüketilen su miktarını azaltır.

2.5. Orta Anadolu'da Su Kullanımı ve Enerji Kullanımı

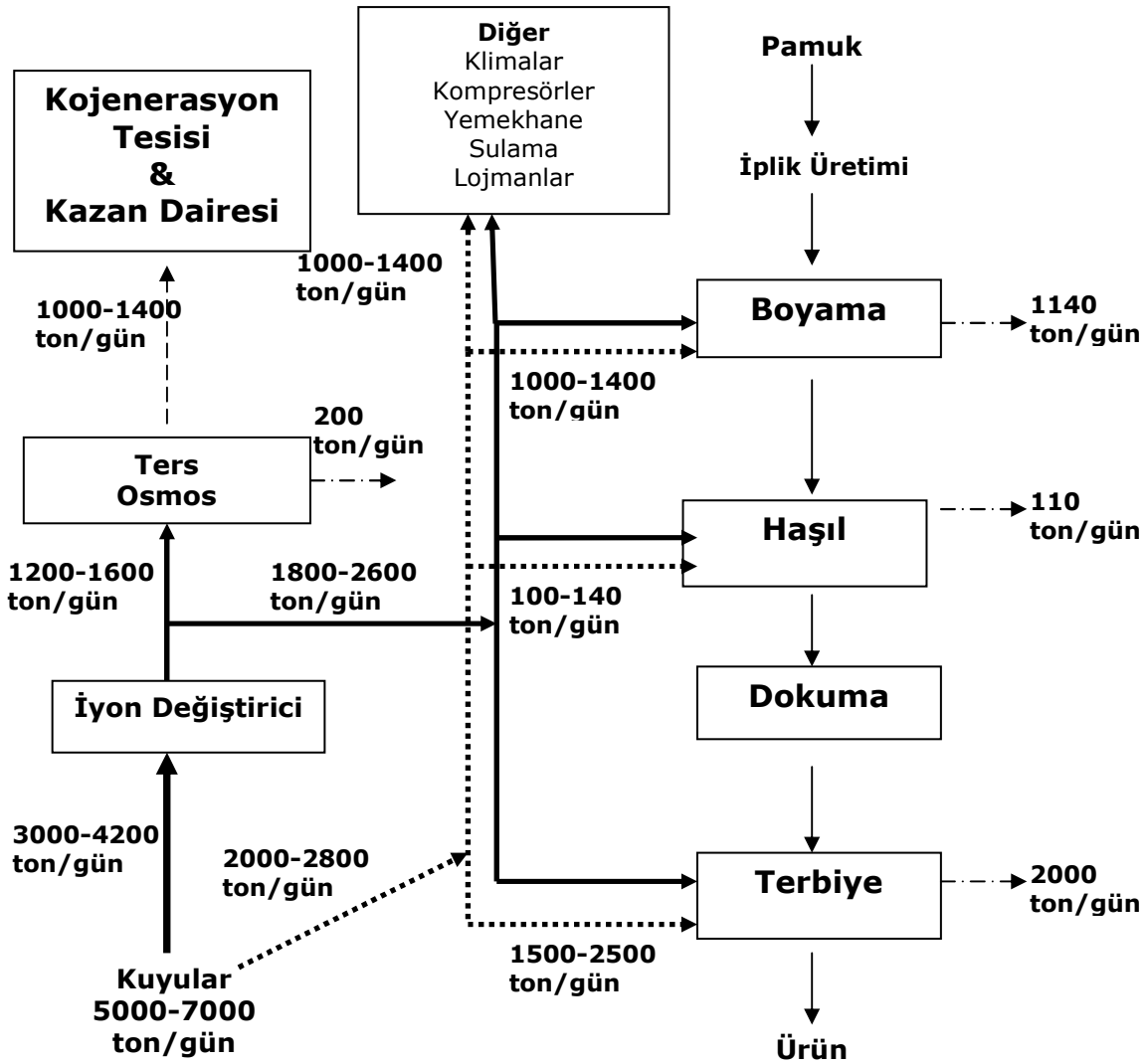
2.5.1. Genel Su Kullanımı

Orta Anadolu'da su ihtiyacı, kuyulardan çekilen yeraltı suyu ile karşılanmaktadır. İlk bulgular fabrika genelinde oldukça yüksek miktarlarda su tüketimi olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan ilk analizlere göre, proje başlamadan önce kuyulardan çekilen günlük ortalama su

miktarının 5,000-7,000 ton aralığında olduğu tespit edilmiştir. Kuyulardan çekilen suyun birkısmı doğrudan fabrikaya yollanırken birkısmı da yumuşatma işlemi için iyon değiştiricilere gönderilmektedir. Sert su genel olarak temizlik işleri için kullanılırken, tüm üretim süreçlerinde yumuşak su kullanılmaktadır.

Genel olarak, çekilen suyun neredeyse yarısı su yumuşatma tesisinden geçirilerek yumuşatılmakta, diğer yarısı da hiçbir işlem uygulanmadan direkt üretim süreçlerine ve diğer ihtiyaçları karşılamak üzere fabrikaya gönderilmektedir. Yumuşatılan suyun birkısmı yine üretim süreçlerinde kullanılmak üzere işletmeye gönderilirken, diğer kısmı da ters ozmoz sürecinden geçirilerek, buhar eldesi amacıyla kullanılmak üzere kojenerasyon tesisine ve de kazan dairesine gönderilmektedir.

Yumuşak su tüketimi yoğun olarak ıslak süreçlerde gerçekleşmektedir. Tekstil endüstrisinde neredeyse her üretim sürecinde su tüketilmesine rağmen, su tüketiminin büyük çoğunluğu haşılama, boyama ve terbiye ıslak süreçlerinde gerçekleşmektedir. Yapılan ilk incelemelere göre, boyama ve terbiye prosesleri kuyulardan çekilen suyun neredeyse %50'sinin tüketildiği ve fabrikada üretilen atıksuyun %80'inden sorumlu süreçlerdir. Haşıl sürecinin kesikli olması ve su ihtiyacının diğer süreçlere göre daha az olması sebebiyle, bu süreçte üretilen atıksu miktarı diğer süreçlere göre daha azdır. Aynı zamanda, atıksu kompozisyonuna etkisi de yine aynı sebepten dolayı oldukça düşüktür. Fabrikadaki diğer süreçlerde üretilen atıksular da fabrika bünyesindeki atıksu arıtma tesisine yönlendirilmektedir; ancak, yine tüketilen su miktarlarının düşük olması sebebiyle üretilen atıksu miktarı da boyama ve terbiye süreçlerine göre oldukça düşük kalmakta ve genel atıksu kompozisyonuna etkileri de aynı ölçüde düşük olmaktadır. Bunların yanında, lojmanlardan ve de sosyal binadan kaynaklanan evsel atıksular direkt olarak kanalizasyona gönderilmektedir. Şekil 22 Orta Anadolu'da genel su tüketimini özetlemektedir.



Şekil 22. Orta Anadolu'da Genel Su Tüketimi

2.5.2. Genel Enerji Tüketimi

Orta Anadolu'da temel olarak tüketilen enerji doğalgaz enerjisidir. Doğalgaz, kojenerasyon ünitesinde tüketilerek elektrik ve buhar enerjisine dönüştürülmektedir. Kojenerasyon ünitesinde üretilen buhar yetersiz kaldığı zamanlarda kazanlar devreye girmekte ve burada da doğal gaz tüketilerek buhar enerjisi elde edilmektedir. Bu iki ana tüketim noktaları dışında, doğalgaz bazı süreçlerde (kurutma, yakma vb.) direkt olarak kullanılmaktadır. Üretim

süreçleri dışında ise sosyal binada, yemekhane mutfağında ve lojmanlarda doğalgaz tüketilmektedir.

Fabrikada kullanılan diğer temel enerji türü ise elektrik enerjisidir. Her ne kadar kojenerasyon tesisinde elektrik enerjisi üretilse de, fabrika içerisinde kullanılacak olan elektrik enerjisi tam olarak tahmin edilemeyeceği için, bazı durumlarda dışarıdan elektrik enerjisi alımı ya da üretilen elektrik enerjisi fazla geldiğinde ise dışarıya elektrik enerjisi satışı gerçekleşmektedir.

Fabrika içinde tüketilen diğer bir enerji türü ise buhar enerjisidir. Daha önce de belirtildiği gibi buhar enerjisi kojenerasyon ünitesinden ve kazanlardan sağlanmaktadır. Tekstil endüstrisinde buhar çoğunlukla proses banyolarını ısıtma amaçlı kullanıldığı için en önemli enerji türlerinden biridir.

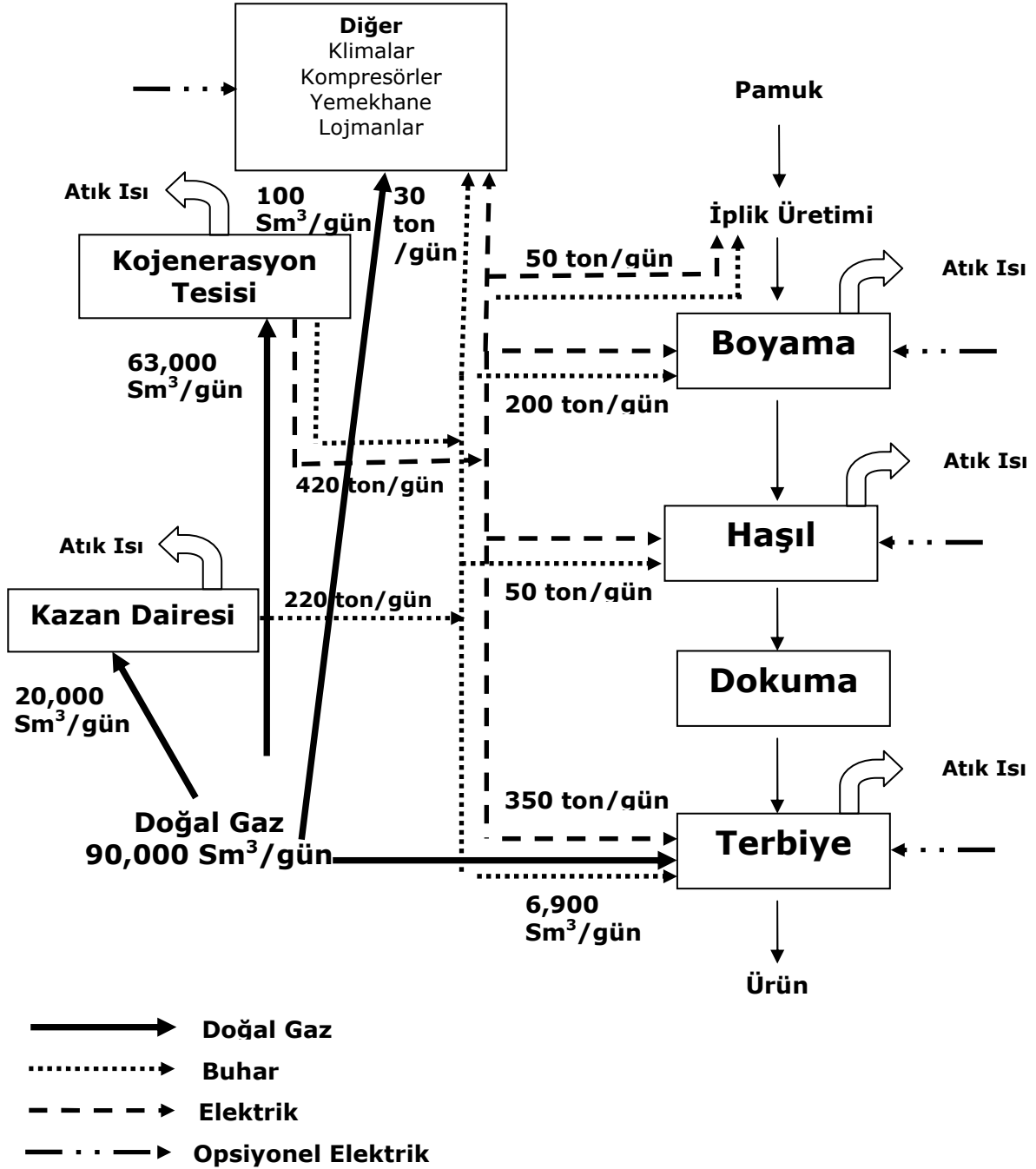
Son günlerde kullanımı giderek yaygınlaşan kojenerasyon tesisleri, elektrik ve buhar enerjisini birlikte üretebilen tesislerdir. Verimliliği %90'lara kadar ulaşabilen kojenerasyon tesisleri konvansiyonel tesislerin verimliliğine göre (en fazla %55) oldukça avantajlı sayılmaktadır. Kojenerasyon sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen, geri ödeme süreleri 3-5 yıl arasındadır.

Orta Anadolu'daki kojenerasyon tesisi kapasiteleri 5 MW olan iki adet buhar türbininden oluşmaktadır. Türbinlerde doğalgaz ve su girişi ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Ortaya çıkan 500°C'deki buhar ekomoizer sistemi ile tutularak süreçlerde kullanılmak üzere işletmeye ve fabrikadaki diğer buhar ihtiyaçlarını karşılamak üzere fabrikaya gönderilmektedir. Böylelikle ortaya çıkan baca gazlarının sıcaklığı 130-140°C'ye kadar indirilebilmektedir. Üretimin daha az olduğu bazı günlerde (pazar günleri) ise 500°C'deki sıcak baca gazları by-pass bacası ile atılmaktadır.

Kojenerasyon ünitesinin yanı sıra kazan dairesinde de yine doğal gaz tüketilerek buhar üretimi yapılmaktadır. Kazan dairesinde kapasitesi 15 ton olan 3 adet kazan bulunmaktadır. Bu kazanlar, kojenerasyon tesisindeki buhar üretimi yetersiz olduğunda devreye girmektedir.

Sonuç olarak, fabrika içerisinde tüketilen enerji türleri buhar, doğalgaz ve elektrik enerjileridir. Buhar enerjisi, çoğunlukla süreç banyolarını ısıtma amacıyla kullanılırken,

doğalgaz bazı terbiye süreçlerinde, elektrik ise iklimlendirme, aydınlatma gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Şekil 23 Orta Anadolu'da genel enerji tüketimini özetlemektedir.



Şekil 23. Orta Anadolu'da Genel Enerji Tüketimi

3. ATIKSU VE SU YÖNETİMİ ÇALIŞMALARI

3.1. Giriş

Tekstil sektörü, su tüketimi oldukça yüksek sektörlerdendir. Bu endüstri, suyu en çok hammadde safsızlıklarını giderme, boyama, terbiyeleme ve buhar üretiminde kullanmaktadır. Yüksek su kullanımı ve buna bağlı olarak üretilen atıksu miktarının oldukça fazla olmasının yanı sıra kullanılan kimyasal ve katkı maddelerin çeşitliliği de tekstil endüstrisi atıksuyunun arıtımını “pahalı ve zor bir süreç” haline getirmektedir.

Tekstil endüstrisi için hazırlanmış BAT dokümanlarına göre atıksu arıtımı için en az üç farklı strateji izlenebilir:

- Yerinde merkezi biyolojik atıksu arıtma tesisinde arıtım
- Merkezi evsel atıksu arıtma tesisinde arıtım
- Ayırıştırılmış atıksu hatlarının merkezi olmayan yerinde (ya da değil) arıtımı

Atıksu yönetimi ve arıtımı için kabul edilmiş genel ilkeler:

- Prosesten çıkan farklı atıksu hatlarının karakterizasyonu
- Kaynakta, kirlilik tipi ve yüküne göre atıksuların ayrı ayrı toplanması. Böylelikle, atıksu arıtma tesisine gönderile kirletici yükün kontrolü. Buna ek olarak, bu stratejiyle arıtılan suyun sistemde yeniden kullanımının sağlanması.
- Atıksuya en uygun arıtma metodlarının uygulanması
- Biyolojik arıtma sistemlerinin çalışmasına engel olacak atıksu birleşenlerinin arıtma sistemine girişininin engellenmesi
- Atıksuyun biyolojik olarak parçalanamayan kısmının uygun tekniklerle biyolojik sisteme verilmeden önce arıtımı

olarak sıralanabilir.

Biyolojik olarak parçalanamayan bileşenleri içeren atıksu sistemden ayırıştırılamıyorsa, istenilen performansta arıtım elde edebilmek için ek fiziksel-kimyasal arıtma metodlarının uygulanması gereklidir. Bunlar;

- Biyolojik arıtmayı takip eden ileri arıtım sistemleri.
- Biyolojik, fiziksel, kimyasal arıtmaların birleştirilmesi; aktif çamur sistemine toz aktif karbon ve demir tuzlarının eklenmesi ve fazla çamurun ıslak oksidasyon ile reaktivasyonu
- Biyolojik parçalanmaya dirençli maddelerin aktif çamur sisteminden önce ozonlanmasıdır.

Atıksu yönetimi çalışmaları kapsamında,

- boyama prosesi atıksuları geri kazanım çalışmaları,
- işletmeye ait toplam atıksuyun geri kullanım amaçlı biyolojik arıtılabilirliğine yönelik çalışmalar
- işletmeye ait toplam atıksuyun BAT önlemleri alınmadan önce ve BAT önlemlerinin alınmasının ardından atıksu simüle edilerek ileri oksidasyon prosesleri ile arıtılabilirliği
- MBR çalışmaları
- terbiye prosesi kostik atıksularından kostik geri kazanımı çalışmaları,
- biyolojik parçalanabilirlik çalışmaları

yürütülmüştür.

3.2. Atıksu Karakterizasyon Çalışmaları

Orta Anadolu'da en iyi atıksu yönetimi planını geliştirirken BREF Tekstil Dokümanı esas alınmıştır. BREF Tekstil Dokümanı'nda atıksu yönetimi ve arıtımı için kabul edilen genel prensipler de şunları içermektedir:

- Prosesten çıkan farklı atıksu akımlarının karakterizasyonu;
- Atıksuların içerdiği kirliliğin türüne ve yüküne göre diğer atıksularla karıştırılmadan kaynağında arıtılması. Bununla arıtma tesisine yalnızca başa çıkabileceği kirleticiler

verilir. Üstelik bu, atıksular için yeniden kullanım ve geri dönüşüm uygulamalarına da imkan tanır;

- Kontamine olmuş atıksu akımlarının uygun arıtma yöntemleriyle arıtımı;
- Biyolojik arıtma sistemlerinin işletimini bozabilecek atıksu bileşenlerinin bu sistemlere verilmesini önlemek;
- Biyolojik olarak parçalanamayan atık akımlarının son biyolojik arıtıma vermeden önce ya da ayrı olarak arıtımı.

3.2.1. Metodoloji

Atıksu karakterizasyon çalışmalarında ilk olarak atıksuların prosesler bazında belirlenmesi ve daha sonra karakterizasyonları yapılmıştır. Tesiste en önemli atıksu kaynağı olan birimler sırasıyla boyama, terbiye, haşıl ve su hazırlama (iyon değiştirme ve ters ozmoz) prosesleridir. İlk olarak, tesiste ortaya çıkan atıksuların karakterizasyonu amacıyla bir buçuk aylık bir süre içerisinde tesisin belirlenen noktalarından atıksu numuneleri alınmış ve numuneler ODTÜ Çevre Mühendisliği laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Orta Anadolu ve ODTÜ Çevre Mühendisliği arasında atıksu transferi kargo şirketleri ile sağlanmıştır.

Karakterizasyon çalışmaları kapsamında toplanan örneklerde analiz edilecek parametreler BREF Tekstil Dokümanı ve İngiliz Tekstil Teknoloji Grubu (BTTG) suyun yeniden kullanımı kriterleri esas alınarak belirlenmiştir. BREF Tekstil Dokümanı'ndan belirlenen parametreler pH, KOİ (mg O₂/l), BOİ₅ (mg O₂/l), iletkenlik (mS/cm), bulanıklık (NTU), TAKM (mg/l), TÇKM (mg/l), toplam fosfor (TP), AOX (Adsorplanabilen Halojenli Organik Bileşikler), ve ağır metaller (Fe, Cr, Cu, Pb, Ni, Sb, Mn.). İngiliz Tekstil Teknoloji Grubu dokümanındaki parametreler ve limit değerler Tablo 10'da verilmiştir. Bu iki referans birleştirilmiş ve ölçülecek parametreler belirlenmiştir. Karakterizasyon metodolojisinin oturtulması, analiz edilecek parametrelerin belirlenmesi, analiz sonuçlarının değerlendirilmesi çalışmaları ciddi mesai gerektirmiştir. Bu amaçla her hafta proje ekibi , ODTU proje grubu sürekli olmak üzere SDÜ ve Çevre ve Orman Bakanlığı proje çalışanlarının da zaman zaman katılımları ile bu değerlendirmeleri gerçekleştirmiştir.

Tablo 10. Tekstil Atıksuları için İngiliz Tekstil Teknoloji Grubu suyun yeniden kullanımı kriterleri³

Parameter	Yeniden Kullanım Kriterleri
KOİ (mg/L)	80
TAKM (mg/L)	5
TÇKM (mg/L)	500
Sertlik (mg/L as CaCO ₃)	60
İletkenlik (µS/cm)	1000
Alkalinite (mg/L as CaCO ₃)	-
Renk (Pt-Co)	20
pH	6-8
Bulanıklık (NTU)	1

3.2.2. Analitik Yöntemler

KOİ ve renk ölçümleri HACH DR-2000 Model spektrofotometre ile USEPA onaylı HACH Metod No.8000 ile belirlenmiştir. İletkenlik ve pH ölçümleri Hach Sension 378 ile ölçülmüştür. AOX ölçümleri ISO9562 metod esas alınarak Euroglass AOX Analizör ile yapılmıştır. Bulanıklık, TAKM, TÇKM, TP, alkalinite, sertlik ve ağır metaller Standard Methods'a⁴ göre ölçülmüştür.

3.2.3. Boyama Prosesi Atıksu Karakterizasyon Çalışması Sonuçları

Orta Anadolu'da terbiye prosesinden sonra en çok atıksu üretilen proses boyamadır. Orta Anadolu'da başlıca kullanılan indigo ve kükürt boyalardır. Boyama işleminde bu boyalar tek tek ya da ardışık olarak pamuk ipliğine uygulanabilmektedir. Uygulanan boya miktarına ve çeşidine göre yapılan boyama işlemleri "boyama reçetesi" olarak adlandırılmaktadır. Boyama bölümündeki atıksuyu yıkama suları, makine temizleme suları ve kullanılmış boya banyoları

³ BTTG, British Textile Technology Group(1999), Report 5: Waste Minimzation and Best Practice.

⁴ APHA, (1995), Standard Methods for the examination of water and wastewater,19th ed. American Public Health Association, Washington, DC

oluşturmaktadır. Boyama işlemi sırasındaki yıkama su örneklemeleri ön yıkama ve arka yıkama teknelerinden yapılmıştır. Kullanılmış boya banyosu ve makine temizleme atıksuları ayrıca örneklenmemiştir ancak her boyama sonrasında boyamanın bütün atıklarının boşaltıldığı rogarlardan da örneklemeler yapılmıştır.

Boyama prosesine ait karakterizasyon örnekleri bütün ön yıkama ve arka yıkama teknelerinden ve bu boyamaya ait bütün suların boşaltıldığı rogarlardan alınmıştır. Örneklemeye sürecinde fabrikada üretim oldukça farklılık göstermiş ve 12 farklı boyama reçetesi incelenebilmiştir. Boyama prosesinden önceden belirlenmiş 33 örneklemeye noktasından toplam 294 örneklemeye yapılmıştır (ön-yıkama, arka-yıkama ve bu iki yıkamanın karışımı olan rogar suları) ve bunlarda yukarıda belirtilen parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklemeye yapılan reçeteler incelendiğinde fabrikada son dört ayda yapılan toplam boyamanın % 82 si olduğu belirlenmiş ve örneklemeye yapılan reçetelerin boyama prosesindeki tipik üretimini yansıttığı görülmüştür.

Tablo 11’de boyama atıksu karakteristikleri verilmiştir. Tekstil sektöründe üretim sadece yıl içinde değil bir günde bile değişiklik gösterdiğinden atıkların standardizasyonu ve karşılaştırması çok mümkün olmamaktadır. Tablo 11’de de görüldüğü gibi reçete değiştiğinde atıksu karakterizasyonu ciddi miktarda değişiklik göstermektedir. Tabloda reçeteler fabrikadaki uygulama sıklığına göre sıralanmıştır. En çok uygulanan reçete (R1) belli miktarda indigo boya kullanılarak yapılan bir indigo boyamadır. Öbür taraftan en az uygulanan reçete (R12) yine indigo boyama uygulamasıdır ancak bu sefer uygulanan boya konsantrasyonu değişiktir. Sonuç olarak, indigo boya konsantrasyonundaki fark, bu iki boyama reçetesinin atıksuyunda KOİ ve renk parametrelerinde ciddi farklara neden olmaktadır. Atıksu karakterizasyonlarındaki farklılık kükürt boyaların indigo boyama ile birlikte uygulandığı reçetelerde (R5, R6, R10) daha açık görülmektedir. Ama genelde, bütün atıksu akımları KOİ ve renk açısından yüksek değerlere sahiptir. Ölçülen ağır metal ve AOX konsantrasyonları bir çok örnekte ölçüm limitlerinin altında yani çok düşük bulunmuştur. Bu nedenle bu parametrelerle ilgili arıtma teknolojisi uygulamaları hedefi ortadan kalkmıştır. Bütün bu sonuçlar, boyama prosesinde suyun gerikazanımı ve yeniden kullanımı hedefli değerlendirmelerin reçetelerin tek tek değerlendirilmesi ile mümkün olacağını göstermektedir.

Yeniden kullanım ve geri kazanım alternatiflerini daha iyi belirlemek amacıyla detaylı bir örnekleme sürecine gidilmiştir. Burada boyama hattında her bir deşarj noktası örnekleme istasyonu olarak belirlenmiş ve örnekleme yapılmıştır. Örnekler yıkama sularının ön ve arka yıkama teknelerinden temin edilmiştir. Tablo 12’de verilen bilgiler en çok uygulanan reçetelerden birine aittir. Kısaltmalar “AS1” ve “AS2” aynı boyama reçetesi için farklı günlerde alınan farklı iki örnekleme göstermektedir. Arka yıkama 2 ve 3 nolu teknelerinden çıkan suda ikinci atıksu örneklemeinde pH ve KOİ değerleri BTTG’nin yeniden kullanım kriter limitleri içinde gözükmemektedir (Tablo 10 ve 11). Ancak diğer parametreler yeniden kullanım limitlerini sağlamamaktadır. Bu nedenle direkt olarak yeniden kullanımları söz konusu değildir. Aynı şekilde birinci atıksu örnekleme için arka yıkama 3 nolu teknede pH ve KOİ değerleri yeniden kullanım kriter limitleri içinde olmasına rağmen diğer parametreler limitlerin dışında bulunmuştur. Tablo 12’de de net olarak görüldüğü üzere en düşük konsantrasyonlar en son tanklarda tespit edilmiştir. Ancak, bu son tanklar bile boyama sisteminde direkt yeniden kullanım kriterlerini sağlamamaktadır. Bu nedenle, bütün atıksu akımlarının sistemde yeniden kullanımı bir tür ön arıtım uygulaması ile mümkün olabilecektir. Bu bağlamda ilk yıkama tankından çıkan su yüksek konsantrasyonlara sahip olduğundan diğer sulardan ayrılmalı ve ayrı olarak arıtılmalıdır. Bunun yanı sıra, boyama prosesinden çıkan tüm yıkama atıksularının geri kazanımının çalışılması da önem teşkil etmektedir.

Tablo 11. Fabrikada uygulanan boyama prosesinde uygulanan örnek boyama reçetelerinin karakterizasyonu

Parametre	Birim	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R10	R 11	R 12
pH	-	9.6	12.3	9.7	8.9	11.4	9.2	10.2	10.4	10.7	11.6	12.7	12.7
İletkenlik	(mS/cm)	-	15.7	4.44	2.5	19.7	5.6	3.4	2.7	4.1	5.8	34.4	13.6
KOİ	(mg/l)	516	3250	1076	598	1563	1902	1203	840	934	1557	1199	779
BOİ	(mg/l)	255	-	-	-	506	500	456	-	-	360	25	340
AOX	(mg/l)	0.4	1.1	3.1	0	0.3	7.5	0.5	0.6	2.2	0.3	0.3	0.1
TP	(mg/l)	2.4	4.3	2.9	2.9	2.3	1.9	2.2	1.8	2.5	2.3	4.6	1.3
TAKM	(mg/l)	92	348	260	102	294	246	128	112	142	146	146	126
TÇKM	(mg/l)	2328	9976	6650	2038	9078	3950	2796	2642	2836	4250	10460	5298
Bulanıklık	(NTU)	93.5	972	190	84.4	56.8	315	86.5	41.4	54.3	190	44.4	24
Alkalinite	(mg/l CaCO ₃)	240	3230	1110	184	4960	1430	740	488	1030	1250	8440	1800
Renk	(Pt-Co)	1260	14250	2340	650	1938	2080	2118	3500	3910	3992	1686	1158
Zn	(mg/l)	0.704	0.012	0.0340	0.042	0.1	0.894	0.0438	0.034	0.0130	0.012	0.021	0.527
Pb	(mg/l)	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL
Mn	(mg/l)	< ÖL	0.136	0.0280	0.026	< ÖL	0.721	0.0168	< ÖL	0.0070	0.142	< ÖL	< ÖL
Fe	(mg/l)	< ÖL	0.052	0.0340	0.085	0.1	< ÖL	0.2099	0.096	0.0620	0.130	0.024	< ÖL
Cu	(mg/l)	< ÖL	< ÖL	< ÖL	0.006	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL
Cr	(mg/l)	< ÖL	0.012	0.0090	< ÖL	0.0	0.345	0.0103	< ÖL	< ÖL	< ÖL	0.012	< ÖL
Ni	(mg/l)	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL
Sb	(mg/l)	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL	< ÖL

<ÖL: ölçüm limitlerinin altında

R1-R12: Örnekleme sürecinde incelenen 12 farklı boyama reçetesi

Tablo 12. Aynı tür indigo boyama işlemi için yıkama suyu karakterizasyonlarının karşılaştırması

Parametre	Birim	Ön-yıkama 1		Ön-yıkama 2		Arka Yıkama 1		Arka Yıkama 2		Arka Yıkama 3	
		AS 1	AS 2	AS 1	AS 2	AS 1	AS 2	AS 1	AS 2	AS 1	AS 2
pH	-	6.7	6.5	6.8	6.7	10.5	8.1	8.9	7.3	7.0	7.2
İletkenlik	(mS/cm)	4.5	4.7	2.4	1.6	6.6	1.9	2.1	1.4	1.4	1.2
KOİ	(mg/l)	2806	3750	1314	596	682	141	126	60	56	28
Bulanıklık	(NTU)	61	94	44	29	138	199	273	162	126	102
Sertlik	(mg/l CaCO ₃)	280	520	258	310	-	-	-	-	-	-
Renk	(Pt-Co)	747	1392	596	325	706	359	265	154	458	355
TAKM	(mg/l)	164	72	128	64	90	146	152	94	52	72
TÇKM	(mg/l)	4498	5412	2332	2450	4816	1328	1546	1000	944	854
Alkalinite	(mg/l CaCO ₃)	860	860	540	320	1440	400	460	240	200	190

3.2.4. Terbiye Prosesi Atıksu Karakterizasyon Çalışması Sonuçları

Terbiye bölümü için atık su karakterizasyon çalışmalarında tesisin diğer ağırlıklı atık su çıkışı olan noktalarıyla paralel bir çalışma yürütülmüştür. Terbiye bölümü daha önceden de belirtildiği gibi denim kumaşa en son halinin verildiği yerdir. Bu yüzden terbiye bölümündeki işlemlerden çıkan atık sularda kumaşa önceden uygulanmış işlemlerin büyük etkisi görülmüştür. Tablo 13’de bu örnekleme süresi içinde işletmenin terbiye bölümünden alınan yıkama deşarj sularının pH, iletkenlik, KOİ, bulanıklık, sertlik, renk, AKM, ÇKM ve alkalinite değerleri görülmektedir.

Tablo 13. Terbiye Bölümü Makine 4 ve Makine 5’ te Denim Merserize İşlemi Makine Çıkışları ve Ana Atık Su Hattı Analizi Maksimum, Minimum ve Ortalama Değerleri

Proses	pH	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/L)	Bulanıklık (NTU)	Renk (Pt-Co)	AKM (mg/L)	ÇKM (mg/L)	Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	
Makine 4	Min.	5,83	76	706	191	1179	58	3015	250
	Maks.	12,64	46	7020	549	4370	817	15961	10780
	Ort.	10,59	28	4353	310	2947	328	6713	3212
Makine 5	Min.	5,95	9,23	2125	119	1505	410	5240	270
	Maks.	12,77	56,4	8625	450	26600	1480	18963	12140
	Ort.	10,77	25	4362	274	7285	629	9140	5457
Ana Hat	Min.	6,09	3	706	154	1740	58	3136	310
	Maks.	12,20	26	13510	488	6775	467	12317	6140
	Ort.	9,47	9	4661	302	2675	241	6282	3800

Tablo 13’deki değerler 1,5 ay boyunca tesis genel atık su karakterizasyonunda elde edilen düşük, en yüksek ve ortalama değerlerdir. Bu veriler değerlendirildiğinde; her iki makine ve ana hat toplam terbiye atık suyu için maksimum ve minimum değerlerde büyük farklar olduğu

görülmektedir. Bu veriler işletmenin diğer atık deşarj noktalarında da olduğu gibi, atık suyun ne kadar değişken olduğunu göstermektedir. Özet olarak tekstil sektöründe üretimdeki çeşitlilik, atık suyu da aynı şekilde değişken kılmaktadır. Ayrıca ortalama değerlere bakıldığında fabrikanın bu bölümünden çıkan atık suyun kirlilik yükü açısından kuvvetli olduğu görülmektedir. Tablo 13'deki değerler incelendiğinde; bölümün hemen hemen her işleminde kullanılan Kostik (NaOH) yüzünden çok yüksek alkalinite değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Aynı zamanda yüksek renk, KOİ ve katı madde değerlerine bakıldığında da; terbiyedeki proseslerin genellikle sıcak işlemler olması nedeniyle bu noktadaki kumaşın daha önceden üzerine aldığı çeşitli kimyasalları, haşıl maddelerini ve boya ları bu aşamada dahi kolayca suya verebildiği görülmektedir.

İşletmenin bu bölümünde çalışılan diğer bir atık su karakterizasyonu çalışması da tesis yetkililerinin dikkat çektiği bazı noktalar üzerine gerçekleştirilmiştir. Terbiye bölümünde daha önceden de belirtildiği gibi yüksek miktarda kostik tüketimi olmaktadır. İşletmeden gelen, terbiye bölümündeki kostik tüketimini ve su kullanımını azaltma yönündeki talep üzerine, bu alanda bir karakterizasyon çalışması yürütülmüştür. Bu çalışmada daha önceki terbiye bölümü atık su örnekleme çalışmalarından farklı olarak 5 numaralı makinenin ayrı ayrı yıkama teknelerinden ve makinenin toplam atıksu çıkış hattından örnekler alınmıştır. İşletmede Makine 5 su tüketimi ve kullanım sıklığı açısından öne çıktığından örnekleme için bu makine seçilmiştir. Aşağıda Tablo 14'te bu makinenin ilk ve son yıkama tekneleri ile makine ana çıkışından alınan örnekler ile elde edilen değerlerin ortalamaları görülmektedir.

Tablo 14. Makine 5 Denim Merserize Prosesi Analiz Ortalama Değerleri

Tekne No.	pH	İletkenlik (mS/cm)	TAKM (mg/L)	ÇKM (mg/L)	Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	Renk (Pt-Co)	Bulanıklık (NTU)	KOİ (mg/L)
İlk Yıkama	12,31	150	1632	61947	41163	10113	879	8524
Son Yıkama	8,99	1	40	1151	382	844	138	542
Filtre Çıkışı	11,32	18	132	6236	4196	2994	289	1863

Tablo 14'deki değerlere bakıldığında ilk ve son yıkama teknelerindeki çıkış değerlerinin oldukça farklı olduğu görülmektedir. İlk yıkama teknesinden sonlara doğru olanların karakteristiklerindeki bu değişim çıkan atık suyun toplanarak bir arıtım uygulanmasının yerine çok kuvvetli olmayan özellikle son teknelerden çıkan suların diğerlerinden ayrılması

fikrini doğurmaktadır. Aynı şekilde alkalinite değerlerine bakıldığında makinedeki kostik kaybının önemli kısmının ilk yıkama teknelerinde olduğunu göstermektedir. Kostik geri kazanımına yönelik laboratuvar ölçekli ve pilot ölçekli çalışmalara ait bulgular Bölüm 3.5'de sunulmaktadır.

3.2.5. Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) Girişi Atıksu Karakterizasyon Çalışması Sonuçları

Tekstil endüstrisi için hazırlanmış BREF Tekstil Dokümanı'na göre atıksu arıtımı için en az üç farklı strateji izlenebilmektedir:

- a) Yerinde merkezi biyolojik atıksu arıtma tesisinde arıtım,
- b) Merkezi evsel atıksu arıtma tesisinde arıtım,
- c) Ayrıştırılmış atıksu hatlarının merkezi olmayan yerinde (ya da değil) arıtımı.

Türkiye'deki en büyük tekstil üreticileri arasında yer alan ve günlük üretim kapasitesi 10 tonu geçen, ön işlem, iplik boyama ve tekstil üretimi yapan Orta Anadolu, BREF Tekstil Dokümanı'nda da önerilmekte olan biyolojik atıksu arıtma tesisine sahiptir. Fabrikanın günlük üretim kapasitesi ve bunun etkilediği su kullanımı değişkenlik göstermektedir. Günlük su tüketimi yapılan üretime göre proje başlangıcında 5000-7000 m³ arasında değişiklik göstermekte olan fabrikanın tüm proseslerine ait yıkama suları kesintisiz olarak; tüm boya, ön işlem, yumuşatma ve haşıl çözeltileri ise kesintili olarak fabrikaya ait atıksu arıtma tesisine verilmektedir.

Proses bazında yapılan atıksu karakterizasyon çalışmaları aynı zamanda tüm proseslerin atıksularının toplu olarak verildiği atıksu arıtma tesisine giriş suyu için de yapılmıştır.

Bu analizlerin amacı;

- a) Biyolojik arıtma sisteminin çalışmasını bozabilecek atıksu bileşenlerini ve konsantrasyonlarını belirlemek ve gerekirse atıksu arıtma sistemine verilmesini engellemek,
- b) Biyolojik olarak parçalanamayan bileşenler içeren atıksuların biyolojik arıtım yapmadan ya da biyolojik arıtım öncesi uygun tekniklerle arıtımını ortaya koyabilmektir.

Tekstil sektörü için hazırlanmış ve dinamik bir yapıya sahip olan BREF Tekstil Dokümanı ve tekstil atıksuları için geri kullanım kriterleri esas alınarak belirlenen parametreler AAT giriş suyu için analiz edilmiştir. Bu parametreler pH, KOİ, BOİ, renk, iletkenlik, bulanıklık, AKM, TÇM, fosfor, AOX, ağır metaller (Fe, Cr, Cu, Pb, Ni, Sb, Mn vb.) gibi parametreleri kapsamaktadır. Bu parametrelerin analiz edildiği toplam altı örnekleme yapılmıştır. Tablo 15’de analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 2.20’ de görüldüğü gibi KOİ değeri 1250-2368 mg/L ve renk değeri 2130-4500 Pt-Co arasında değişiklik göstermektedir. Atıksu arıtma tesisine giren atıksuyun biyolojik olarak parçalanabilirlik değerinin BOİ₅/KOİ oranına bakılarak (0.15-0.38) çok düşük olduğu saptanmıştır. İletkenlik değerleri 3.9 ve 10.8 mS/cm arasında değişmektedir. Bu yüksek değerler üretim süresince çok fazla miktarda boya ve kimyasalın kullanıldığının bir göstergesidir. Atıksu toplam fosfor bakımından zengin olmayıp birlikte ağır metal ve adsorblanabilen organik halojenlerin (AOX) konsantrasyonları da ihmal edilebilecek düzeydedir.

Atıksu karakterizasyon çalışmaları sonucunda fabrikada oluşan atıksuyun biyolojik olarak parçalanamayan bileşenler içerdiği saptanmıştır. BREF Tekstil Dokümanı’nda belirtilen ve atıksu karakterizasyonun amacını oluşturan ‘biyolojik olarak parçalanamayan bileşenler içeren atıksuların biyolojik arıtım yapmadan ya da biyolojik arıtım öncesi uygun tekniklerle arıtımına’ karar verilerek arıtılabilirlik çalışmaları yürütülmüştür. Bu konu ile ilgili yürütülen laboratuvar çalışmalarının detayı ilerleyen bölümlerde sunulmaktadır. Ayrıca BAT referans dokümanında tekstil atıksuyunun arıtımına yönelik oluşturulan öneriler içinde de yer alan düşük F/M oranına sahip bir biyolojik atıksu arıtma tesisi çalışmaları da atıksu arıtma tesisi önüne MBR kurularak yürütülmüştür. MBR çalışmasının sonuçları ilgili kısımda verilmiştir.

Bunun yanı sıra, proje boyunca alınan tesis içi önlemlerin atıksu arıtma tesisine giden toplam atıksuyun kalitesine etkilerini gözlemleyebilmek için proje bitimine doğru çeşitli zamanlarda toplam dokuz örnekleme yapılmıştır. Bu örnekleme sonuçları Tablo 16’de sunulmaktadır. Tablo 16’dan görüldüğü üzere, KOİ, renk ve iletkenlik parametrelerinde Tablo 15’te verilen karakterizasyon değerlerine göre bir artış görülmektedir. Bu sonuçlar, tesis içinde su kullanımını azaltıcı ve geri kullanıma yönelik alınan önlemlerin fabrikadan çıkan toplam atıksuyu daha konsantre bir atıksu haline getirdiğidir. Bununla ilgili olarak ilerleyen

bölümlerde tesis içi önlemler alındıktan sonraki atıksu simüle edilip çeşitli arıtılabilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 15. Arıtma Tesisi Giriş Suyu Karakterizasyonu

Parametre	21.01.2006	25.01.2006	22.03.2006	25.03.2006	31.03.2006	09.05.2006
	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş
pH	12,39	12,34	10,56	11,54	11,19	11,51
İletkenlik mS/cm	5,78	10,84	3,94	10,34	5,87	10,06
KOİ (mg/L)	1838	1367	1915	1250	1442	2368
BOİ (mg/L)	-	-	340	480	-	363
Renk (Pt-Co)		4500	2280	2382	2130	2305
Alkalinite (mg/L CaCO ₃)			900	2510	1360	2160
AKM (mg/L)	321	-	395	228	174	226
TÇM (mg/L)	-	-	8100	3818	3546	5510
Bulanıklık (NTU)	-	-	113	56,9	142	223
Fosfor (mg/L)	-	3,2	1,1	1,4	1,9	-
AOX	-	1.42	0.48	0	1.47	-
Zn	0.0759	0.054	0,0228	0,03515	0,0350	0,268
Sb	<0.1	<0,1	<ÖL	<ÖL	<ÖL	-
Pb	<0,025	<0,025	<ÖL	<ÖL	<ÖL	-
Mn	0,056	0,058	<ÖL	0,0061	0,0120	-
Fe	0,336	0,164	0,1386	0,148	0,0730	-
Cu	<0,0125	<0,0125	<ÖL	ÖL	<ÖL	-
Cr	0,0276	0,022	0,0105	0,011	<ÖL	-
Ni	<0,01	<0,01	<OL	<ÖL	<ÖL	-

ÖL: Ölçüm Limiti

Tablo 16. Arıtma Tesisi Giriş Suyu Karakterizasyonu (Tesis İçi Önlemlerin Etkileri)

Parametre	22.02.2007	09.03.2007	17.05.07	22.06.07	16.09.07	10.10.07	10.11.2007	04.12.2007	10.01.2008
	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş	AA Tesisi Giriş
pH	13,12	12,91	12,10	12,11	12.83	13.09	12,90	12,75	12.13
İletkenlik mS/cm	18,79	11,16	5,20	8,70	13.25	16.92		15.74	5.02
KOİ (mg/L)	1357	1454	1770	2288	3388	3240	2588	3052	1600
Renk (Pt-Co)	3400	2050	2750	4510	3430	7780	3460	4070	5560
AKM (mg/L)	155		264	560	600	945	460	520	600
TÇM (mg/L)	6106		3436	4180	6674	8648			

3.2.6. İyon Değiştirici ve Ters Ozmoz Sistemi Atıksuları

İyon değiştirme sisteminde kullanılan reğinelerin durulamasında kullanılan günde 160-200 ton su fabrikada atıksu olarak ortaya çıkmaktadır ve arıtma tesisine gönderilmektedir. Ancak fabrika yönetimi bu ciddi miktarda suyun sistemde yeniden kullanılıp kullanılmayacağı konusunda proje grubundan yardım istemiştir. Fabrika ile yapılan bilgi alışverişi sonrasında durulama suyunun zamana karşı analizi yapılmış ve proje ekibi tarafından bu analiz sonuçlarının bir değerlendirmesini ve durulama suyunun ve salamura suyunun deşarj edilip edilmemesi ve yeniden kullanımı konularını içeren bir rapor fabrika yönetimine sunulmuştur. Bu rapora göre durulama suyunun ilk 20 dakikalık kısmından sonraki kısmının reçine kolonlarına geri dönebileceği vurgulanmıştır ve fabrikada bu su kullanımını azaltıcı önlem uygulanmaya başlanmıştır. Bu rapor Ek 4'te verilmiştir.

Ters ozmoz siteminden de günde yaklaşık 200 ton konsantre hat adı verilen hattan atıksu çıkmaktadır. Çıkan bu su da fabrika yetkililerinin tercihi ile genel temizlik işlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

3.3. Su Geri Kazanım alışmaları

Tesis içi atıksu geri kazanımı çalışmaları kapsamında boyama prosesinde yıkama sonucu oluşan atıksuyun arıtılabilirlik ve yeniden kullanım olanakları çalışılmıştır. Tekstil prosesleri atıksularında renk genellikle en büyük problemi oluşurmaktadır. Konvansiyonel veya ileri arıtım tekniklerinde dahi renk giderimi problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle yeni arıtım tekniklerine ya da uygun arıtım tekniklerinin kombinasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kısımda, boyama atıksularının proseste yeniden kullanılması hedefiyle, alternatif arıtım metodları ile yürütölen çalışmaların sonuçlarına yer verilmektedir. Koagölasyon, membran filtrasyon, ozonlama ve fenton oksidasyonu yöntemleri ile boyama atıksularının geri kazanımı çalışmaları yürütölmüştür.

İndigo boyama yıkama atıksularına özgü optimum arıtım teknikleri ile arıtılmış atıksuyun karakteristiklerini geri kullanım kriterleri seviyesine indirilerek boyama yıkama atıksuları proseste yeniden kullanılabilir. Literatürde tekstil atıksuları için çok sayıda geri kullanım kriterleri verilmektedir. Tablo 17 örnekte iki geri kullanım kriterini göstermektedir.

Tablo 17. Tekstil atıksuları için geri kullanım kriterleri

Parametre	British Textile Technology Group, (1999)	Goodman and Porter, (1980)
KOİ (mg/L)	80	178-218
Toplam askıda katı (mg/L)	5	-
Toplam çözünmüş katı (mg/L)	500	-
Sertlik (mg/L CaCO ₃)	60	1-3
İletkenlik (µS/cm)	1000	1650-2200
Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	-	32-73
Renk (Pt-Co)	20	20-30
pH	6-8	6-7
Bulanıklık (NTU)	1	

3.3.1. En Yüksek Konsantrasyon İndigo Uygulaması Yapılan Boyama Atıksuyu Geri Kazanım Çalışmaları

Çalışmanın bu kısmında, boyama ünitesinde en yüksek indigo boya konsantrasyonunun uygulandığı bir reçetenin kirlilik yükü en yoğun olan ilk arka yıkama tekne atıksuyunun (S1) ve arka yıkama atıksularının karışımının (S2) yeniden kullanım hedefi ile ön arıtım ve ultrafiltrasyon (UF) ve nanofiltrasyon (NF) deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.1.1. Atıksu Karakterizasyonu

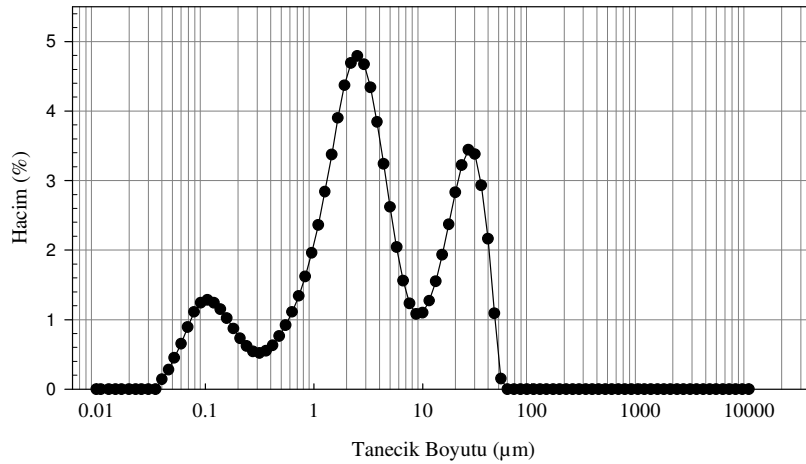
Deneylerde kullanılan atıksulara ait karakterizasyon Tablo 18’de verilmektedir. Atıksu örnekleri lif ve benzeri büyük parçacıkların girişimini önlemek amacıyla 0.8 mm gözenek boyutlu metal bir filtreden geçirilmiş ve plastik bidonlarda 4°C’de sıcaklık kontrollü bir odada saklanmıştır. Atıksu Tablo 18’de görüldüğü gibi oldukça yüksek renk ve KOİ değerlerine sahiptir.

Tablo 18. İndigo boyama prosesi arka yıkama işleminden alınan S1 ve S2 atıksularının karakterizasyonu

Parametre	Ölçüm	
	S1	S2
pH	11.2-11.3	12.1-12.2
Toplam KOİ (mg/l)	1547-1635	853-870
İletkenlik (mS/cm)	11.0-11.3	8.5-8.6
Renk (Pt-Co)	4824-4950	2980-3100
Toplam Askıda Katı Madde (mg/L)	11.2-11.3	12.1-12.2

3.3.1.2. İndigo Boyama Birinci Yıkama Teknesi Atıksuyu Tanecik Boyut Dağılımı

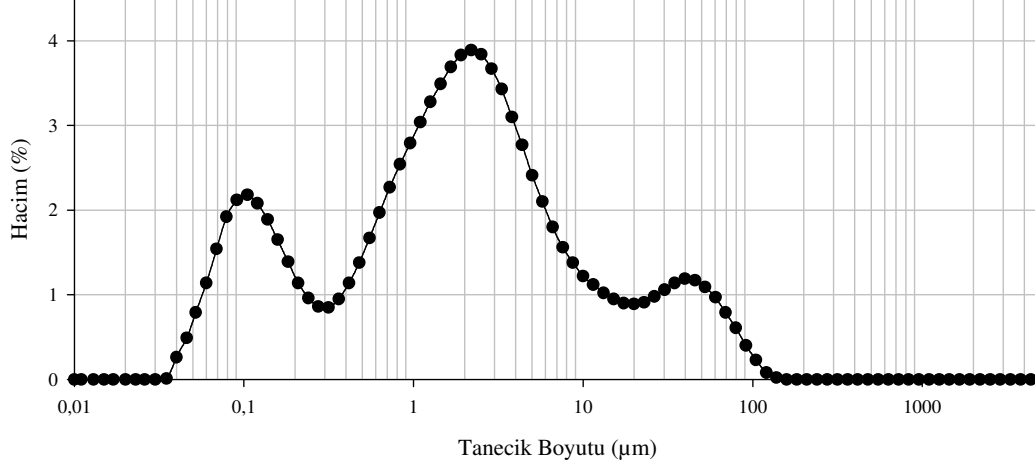
Ön-arıtım ve UF deneylerinde kullanılan indigo boyama ilk arka yıkama teknesi atıksuyu tanecik boyut dağılımı Şekil 24'te verilmiştir. Ortalama tanecik boyutu $d(0.5)$ 2.67 μm olarak bulunmuştur. Şekil 24'ten de görüldüğü üzere, birinden farklı üç farklı boyutta pikler tespit edilmiştir bu da atıksuda parçacık boyut dağılımının oldukça değişken olduğunu göstermiştir.



Şekil 24. Ön-arıtım ve UF deneylerinde kullanılan indigo boyama ilk arka yıkama teknesi atıksuyu tanecik boyut dağılımı

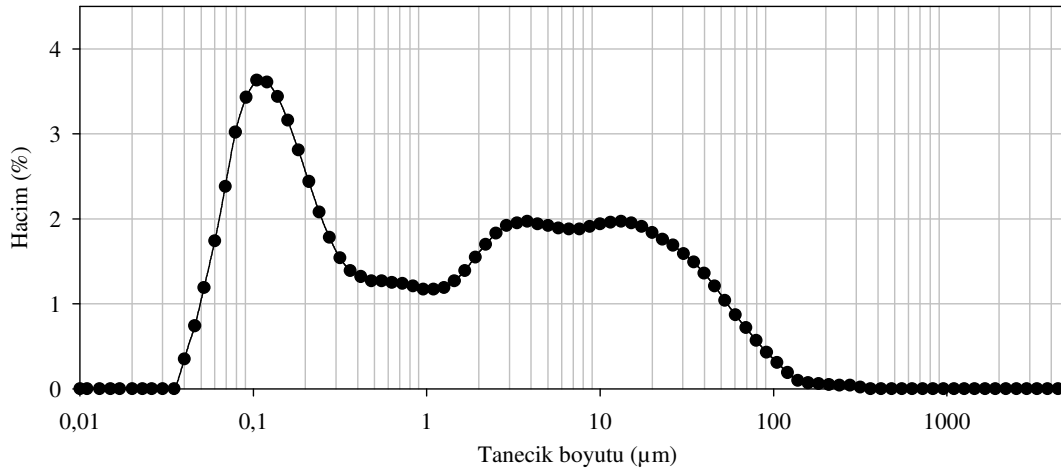
NF deneylerinde kullanılan ilk arka yıkama teknesinden çıkan atıksuya ait tanecik boyut dağılımı eğrisi de Şekil 25'te verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere boyut aralığı 0.4-10 μm arasındadır. Ortalama tanecik boyutu $d(0.5)$ 1.69 μm olarak bulunmuştur. Ön-arıtım ve UF

deneylerindeki benzer özellik gösteren bu örneklerde de birinden farklı üç farklı boyutta pikler tespit edilmiştir.



Şekil 25. NF deneylerinde kullanılan indigo boyama ilk arka yıkama teknesi atıksuyu tanecik boyut dağılımı

NF deneylerinde kullanılan arka yıkama teknelerinin karışımı olan atıksuya ait tanecik boyut dağılımı eğrisi Şekil 26'da verilmiştir. Parçaçıklar 0.04-0.4 µm arasında boyut aralığına sahiptir ve ortalama tanecik boyutu 1.29 µm olarak ölçülmüştür.



Şekil 26. NF deneylerinde kullanılan indigo boyama arka yıkama tekneleri karışımı atıksuyu tanecik boyut dağılımı

3.3.1.3. Yöntem

Çalışmanın ilk kısmında, en çok kirlilik yüküne sahip ilk arka yıkama teknesi çıkışından alınan örneklerle (S1) ön arıtım ve UF testleri gerçekleştirilmiş daha sonra buradan elde edilen su NF prosesinde kullanılmıştır. NF basamağında da suyun Goodman ve Porter (1980) tarafından önerilen yeniden kullanılabilir limitlere gelmesi hedeflenmiştir.

Tablo 19. Yeniden kullanılabilir su limit değerleri

Parametre	Goodman ve Porter (1980)
pH	6-7
KOİ (mg/L)	178-218
Toplam Askıda Katı (mg/L)	-
Toplam Çözünmüş Katı (mg/L)	-
Toplam Sertlik (mg CaCO ₃ /L)	1-3
İletkenlik (µS/cm)	1650-2200
Alkalinite (mg CaCO ₃ /L)	32-73
Renk	20-30 Pt-Co

3.3.1.4. Ön-Arıtım Deneyleri

Kimyasal çöktürme ve mikrofiltrasyon (MF) yöntemlerinin performansları bu atıksu için ön-arıtım metodu olarak karşılaştırılmıştır. Bu raporda, ön-arıtım alternatiflerinin değerlendirilmesi kısaca özetlenip, bir ileriki aşama olan UF deneyleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. MF deneylerinde beş farklı gözenek boyutuna sahip filtrenin (8µm, 5 µm, 1.2 µm, 0.45µm ve 0.22 µm) atıksu akışı, renk ve KOİ giderim performansları atıksuyun orjinal pH'sında ve pH 7±0.2 koşulları altında karşılaştırılmıştır.

3.3.1.5. UF Deneyleri

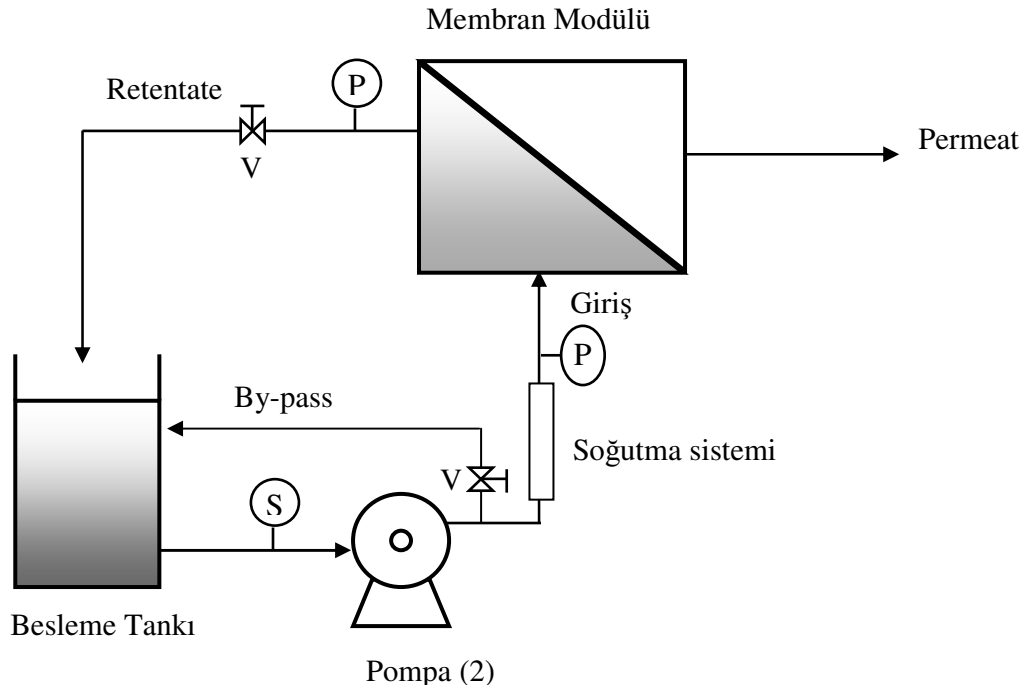
UF deneyleri, atıksuyun orjinal pH'sında 5 µm boyutunda kaba bir filtreden sonlu filtrasyon sonucu elde edilen atıksuyun pH'sı nötral pH'ya (7±0.2) getirilen atıksu ile gerçekleştirilmiştir. UF deneylerinde beş farklı UF membranı (100 kDa, 50 kDa, 20 kDa, 2 kDa and 1 kDa) kullanılmıştır. UF deneylerinde kullanılan membranlar ticari olarak elde

edilebilecek membranlardır. Bu membranlar geniş bir UF aralığını kapsayacak şekilde molekül ağırlık birimleri esas alınarak seçilmiştir. Tablo 20’de bu membranlara ait ticari üreticisinden alınmış en önemli spesifikasyonlar özetlenmiştir.

Tablo 20. Yatay akışlı UF deneylerinde kullanılan membranların karakteristikleri

Ticari İsim	Membranın Yapısı	MWCO (kDa)	Sıcaklık Dayanımı	pH Aralığı
GR40PP		100		
GR51PP	Polisülfon	50	0-75 ⁰ C	1-13
GR61PP		20		
GR95PP		2		
ETNA01PP	Komposit Floropolimer	1	0-60 ⁰ C	1-11

Yatay akışlı UF deneyleri, düz (flat sheet) yapıda daire şeklinde filtrelerin kullanıldığı ve net filtrasyon alanı 0,036 m² olan DSS Labstak M20 membran modülü ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 27). UF deneyleri; 100 kDa, 50 kDa and 20 kDa membranlarla, 1.87 bar transmembran basıncı (ΔP) ve 1.29 m/s yatay akış hızı koşullarında yürütülmüştür. Bunun yanı sıra, 2 kDa ve 1 kDa UF membranları için de işletim koşulları 3.07 bar ve 1.09 m/s yatay akış hızı olarak belirlenmiştir. Atıksu deneyleri, permeat akıları sabitlenerek kararlı duruma gelene kadar yaklaşık 10-15 saat arasında sürdürülmüştür. Giriş ve permeat örneklerinde iletkenlik, pH ve renk değerleri deney süresince izlenmiştir. Membran ünitesi, konsantre ve süzüntü suyu akıntıları besleme tankına geri döndürülerek (total recycle mode) çalıştırılmıştır.



Şekil 27. UF deneylerinde kullanılan DSS Labstak M 20 membran modülü (Çapar vd., 2006)

Membranlar atıksu uygulaması yapılmadan önce bir kimyasal temizleme ve koşullama prosedürüne tabi tutulmuştur. Kimyasal temizleme işlemi önce pH 3 ± 0.2 'de HNO_3 ile hazırlanmış bir çözelti ile ve daha sonra da pH 9 ± 0.2 'de NaOH ile hazırlanmış bir çözelti ile gerçekleştirilmiştir. Koşullama işlemi de yüksek basınçlarda membranın yüzeyinin sıkıştırılması amacıyla yürütülmüştür. Atıksu deneyleri, permeat akıları sabitlenerek kararlı duruma gelene kadar sürdürülmüştür. Giriş ve permeat örneklerinde iletkenlik, pH ve renk değerleri deney süresince izlenmiştir. Membran ünitesi, konsantre ve süzüntü suyu akıntıları besleme tankına geri döndürülerek (total recycle mode) çalıştırılmıştır.

3.3.1.6. NF Deneyleri

NF deneylerinde, membran türünün, pH'nın, atıksu kirlilik düzeyinin ve ön filtrasyonun NF performansına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada membran türünün NF performansına etkisi kısmında üç farklı membran denenmiştir. Bu membranlar sırasıyla NF 99, (Alfa Laval, Danimarka) NF 90 ve NF 270 (Filmtec, USA) olarak sıralanmaktadır. Atıksu pH değeri etkisi çalışmalarında, pH 7.2 ± 0.4 ve pH 9.7 ± 0.2 denenmiştir. Atıksu kirlilik düzeyinin NF performansına etkisinin araştırıldığı kısımda ise, tüm arka yıkama teknelerinin çıkışlarının karışımından oluşan komposit örnek (S2) kullanılmıştır. Ön filtrasyonun NF performansına

etkisi çalışmalarında ön arıtım ve UF deney sonuçları gözönüne alınmıştır. Bu kısımda NF öncesi sadece MF (5 µm) ve MF+UF (5 µm+100 kDa) alternatifleri değerlendirilmiştir.

NF deneylerinde membranlar atıksu uygulaması yapılmadan önce aynı UF deneylerinde olduğu gibi bir kimyasal temizleme ve koşullama prosedürüne tabi tutulmuştur. NF deneyleri de yatay akışlı UF deneylerindeki gibi düz (flat sheet) yapıda daire şeklinde filtrelerin kullanıldığı ve net filtrasyon alanı 0.036 m² olan DSS Labstak M20 membran modülü ile gerçekleştirilmiştir. NF deneylerinde 5.07 bar ΔP ve 0.62 m/s yatay akış hızı uygulanmıştır.

3.3.1.7. Analitik Metodlar

Deneyler sırasında filtrasyon performansı iletkenlik (mS/cm), renk (Pt-Co), pH ve KOİ (mg/L) parametreleri ile takip edilmiştir. Renk ölçümleri de Pt-Co cinsinden 455 nm dalga boyunda kalibre edilmiş, KOİ gibi aynı HACH DR-2000 Model spektrofotometre ile ölçülmüştür. İletkenlik ve pH ölçümlerinde Hach Sension 378 pH, İletkenlik, Çözünmüş Oksijen Metre kullanılmıştır. Tanecik boyut dağılımı analizi lazer difraksiyon metod kullanılarak Mastersizer 2000 aleti ile Tübitak Marmara Araştırma Merkezi laboratuvarlarında ölçülmüştür.

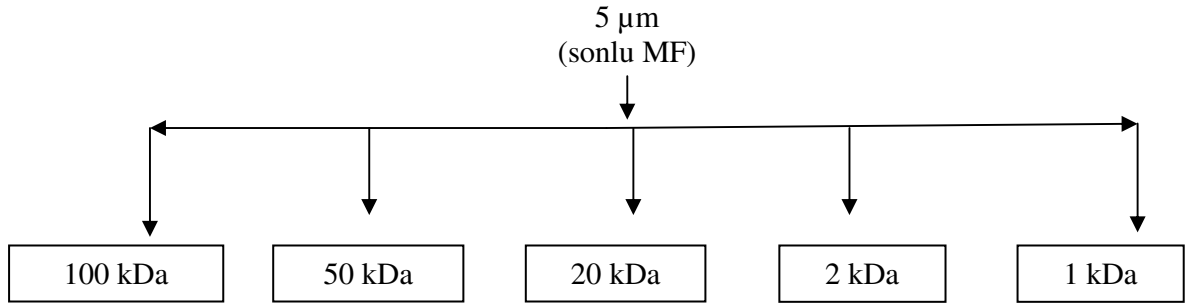
3.3.1.8. Ön-Arıtım Deney Sonuçları

Ön filtrasyon deneylerine genel olarak baktığımızda çalışılan bütün pH değerlerinde (orjinal atıksu pH'sı ve nötral pH) önemli miktarda KOİ giderimi tespit edilmemiştir. Ancak, oldukça yüksek renk giderim değerleri elde edilmiştir. KOİ ve renk giderim değerleri küçük gözenek açıklığına sahip filtrelerde filtre edilen örnek hacmine bağlı olarak değişim göstermemiştir; ancak, büyük gözenek açıklığına sahip filtrelerde giderim değerleri artan hacim ile artmıştır. Ön filtrasyon deneyleri sonucunda 5 µm gözenek açıklığına sahip filtre akı (3244 L/m²/h) ve renk giderimleri (% 81) açısından optimum filtre olarak belirlenmiştir. Kimyasal çöktürme deneyleri sonucunda, indigo boyama atıksuyu arıtımında aynı koagülant konsantrasyonunda renk (sırasıyla % 7, % 83) ve KOİ (% 0, % 12) giderimi açısından Al₂(SO₄)₃18H₂O'ün FeCl₃6H₂O'e kıyasla daha az etkin bir koagülant olduğu saptanmıştır. En yüksek konsantrasyonda indigo içeren boyamanın ilk yıkama teknesi atıksu örnekleri üzerinde ön-filtrasyon ve kimyasal çöktürme metodlarının ön arıtma olarak etkinliğinin değerlendirilmesi

ve bu iki sürecin veriminin karşılaştırılması sonucu önfiltrasyon işleminin kimyasal çöktürme işlemine göre daha etkili ve daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Ön arıtım metodunun 5 µm kaba filtre uygulaması olarak belirlenmesinden sonra, ultrafiltrasyon deneyleri yürütülmüştür.

3.3.1.9. UF Deney Sonuçları

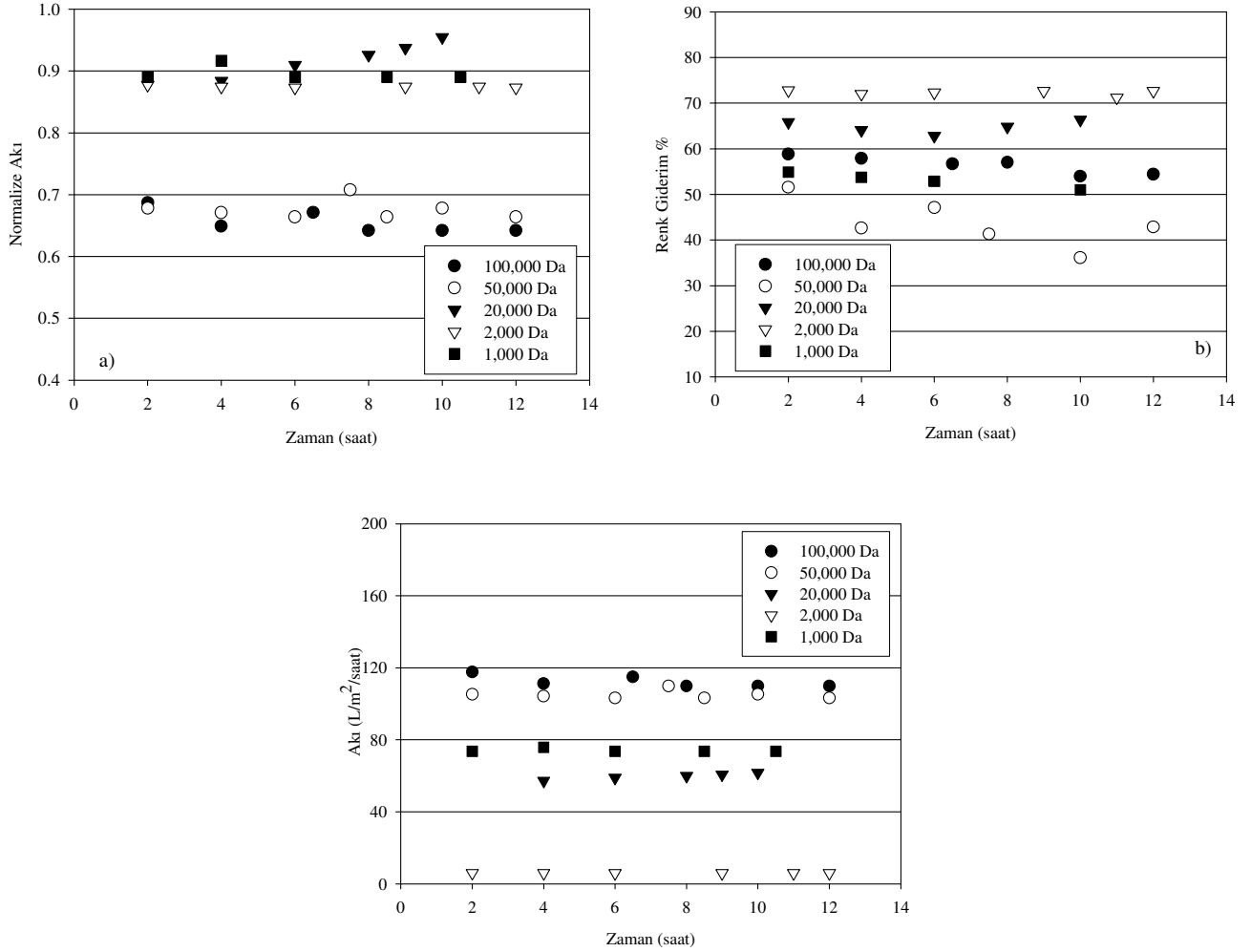
UF deneyleri temel olarak akı ve renk giderimlerinin zamana göre değişimine göre 5 farklı UF membranı (100 kDa, 50 kDa, 20 kDa, 2 kDa and 1 kDa) için gerçekleştirilmiştir. UF deneylerinde uygulanan arıtma alternatifleri Şekil 28’de verilmiştir.



Şekil 28. UF deneylerinde değerlendirilmesi uygulanan arıtma alternatifleri

Şekil 28’de 100 kDa, 50 kDa, 20 kDa, 2 kDa ve 1 kDa UF membranlarının 5 µm ön-filtrasyon sonrası renk giderimi ve akı değerleri açısından performans karşılaştırmaları yapılmıştır. En yüksek atıksu akıları 100 kDa ve 50 kDa UF membranları için elde edilmiştir (Şekil 29, c). Ancak, bu membranların normalize akıları diğer membranlarda daha düşük olarak bulunmuştur. Yani 100 kDa ve 50 kDa membranlarda deneyleri yürütülen diğer UF membranlarına göre tıkanma daha fazla olmuştur (Şekil 29, b). Bu da, 5 µm ön filtrasyon sonrası atıksuda varolan parçacık boyut dağılımının bu iki membran boyutuna daha yakın olduğunu ve bu iki membranda tıkanmanın diğer membranlardan daha çok olmasının sebebi olarak açıklanabilmektedir. Bu varsayım, projenin ilerleyen aşamalarında 5 µm ön filtrasyondan geçmiş atıksuda tanecik boyut dağılımı analizleri yapılarak desteklenecektir. Şekil 29-b’ den de görüldüğü gibi 5 µm ön filtrasyon sonrası en yüksek renk giderimleri 20 kDa UF membranı için elde edilmiştir. 20 kDa membran için renk giderim değerleri yaklaşık % 70’ler düzeyindedir. 100 kDa membran için de renk giderim değeri % 55-60’lar arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre 100 kDa ve 2 kDa membranlarda renk giderimi açısından

ciddi bir fark yoktur ancak atıksu akısı açısından bakıldığında 100 kDa membranın 2 kDa membrana göre akı değerleri oldukça yüksektir.



Şekil 29. UF membranlarının (100 kDa, 50 kDa, 20 kDa, 2 kDa ve 1 kDa) 5 µm ön-filtrasyon sonrası zamana karşı a) normalize atıksu akı, b) renk giderim (%) ve c) atıksu akı değişimleri (100 kDa, 50 kDa, 20 kDa membranları için; ΔP : 1.87 bar ve yatay akış hızı: 1.29 m/s ve 2 kDa ve 1 kDa membranları için; ΔP : 3.07 bar ve yatay akış hızı: 1.0.9 m/s).

Tablo 21'de UF deneylerinde atıksu deneylerinde kararlı duruma ulaşıldığı koşullar altında elde edilen toplam iletkenlik, renk ve KOİ giderimleri verilmiştir. En yüksek iletkenlik giderimi 1 kDa UF membranı için % 14.56 olarak elde edilirken en düşük iletkenlik giderimi % 1.50 ile 20 kDa membranı için ölçülmüştür. 20 kDa membran dışında denenen diğer membranlar için iletkenlik giderim değerleri arasında büyük farklılıklar gözlenmemiştir.

Deneylerde kullanılan UF membranları renk giderim performansları açısından da ciddi bir farklılık göstermemiştir ve toplam renk giderimi % 98-99 arasındadır. KOİ gideriminde de % 58.51 değeri ile en iyi performans 100 kDa membranlarla gerçekleştirilen deneyler sonucu ortaya çıkmıştır.

Tablo 21. UF deneylerinde kararlı koşullar altında elde edilen % toplam iletkenlik, renk ve KOİ giderimleri

Membran	% Toplam İletkenlik Giderimi	% Toplam Renk Giderimi	% Toplam KOİ Giderimi
100 kDa	9.44	98.27	58.51
50 kDa	9.19	97.94	-
20 kDa	1.50	98.95	51.16
2 kDa	11.07	98.85	47.19
1 kDa	14.56	98.85	44.72

Tablo 22’de UF membranlarının performanslarını değerlendirmek amacıyla yapılan toplam akı azalması, geri kazanımı ve tıkanma değerlerinin hesaplamaları verilmiştir. Bu hesaplamalara göre 20 kDa, 2 kDa ve 1 kDa membranlarında akı geri kazanımı % 100 olarak bulunmuştur. En az akı azalması yani tıkanma 20 kDa UF membranı için hesaplanırken en fazla tıkanma 100 kDa membran için bulunmuştur. Ancak 100 kDa UF membranı 20 kDa ve daha küçük MWCO’ya sahip membranlarla atıksu akıları açısından karşılaştırıldığında çok daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Tablo 22. UF membranlarının akı azalması, kazanımı ve geri dönüşümsüz tıkanma değerleri

Membran	% Akı Azalması	% Akı Geri Kazanımı	% Geri Dönüşümsüz Tıkanma
100 kDa	36	34	66
50 kDa	34	29	71
20 kDa	6	100	0
2 kDa	13	100	0
1 kDa	11	100	0

İndigo boyama atıksuyu geri kazanımı hedefli 5 µm ön-filtrasyon sonrası UF deneyleri sonucunda, 100 kDa membranın atıksu akısı, renk, KOİ ve iletkenlik giderimi açısından bakıldığında denenen diğer membranlara göre daha avantajlı olduğu açıkça görülmüştür. Ancak UF deneyleri sonucunda bu çalışmanın ana hedefi olan atıksuyun proses suyu olarak yeniden kullanımını sağlayacak renk, KOİ ve iletkenlik değerlerine ulaşamamıştır. Bu nedenle, çalışmanın ilerleyen aşamalarında atıksuyun proste yeniden kullanımını sağlayacağını düşündüğümüz nanofiltrasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.1.10. NF Deney Sonuçları

a. NF performansına membran türü etkisi

Bu kısımda yürütülen deneylerde üç ticari NF membranın (NF 99, NF 90 ve NF 270) performansı indigo boyama atıksuyu geri kazanımında değerlendirilmiştir. Elde edilen permeat kalitesi ve akı değerleri Tablo 23' de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere test edilen üç NF membranı içinde renk giderim değerleri oldukça yüksek ve birbiriyle çok yakın olarak tespit edilmiştir. En düşük renk giderimi % 91 olarak ve 15 Pt-Co olarak NF 99 membranı için bulunmuştur. NF 270 ve NF 90 membranları için renk giderimleri aynı (%93) ve 8 Pt-Co olarak tespit edilmiştir. Chakraborty vd. (2003) çalışmalarında NF membranları ile boyalı atıksular için benzer yüksek renk giderimleri rapor etmişlerdir. İki reaktif boya atımını araştırmışlar ve % 92-94 arasında renk giderimi elde etmişlerdir (Chakraborty vd., 2003). Renk değerlerinin 8 Pt-Co ya inmesi elde edilen permeatin yeniden kullanılabilir hale geldiğini göstermiştir.

Yüksek renk giderimlerine ek olarak NF 270 ve NF 90 membranları ile oldukça yüksek KOİ giderimleri sağlanmıştır (Tablo 23). NF 270 ve NF 90 membranları ile sırasıyla 92 ve 94% KOİ giderimi elde edilirken NF 90 için % 88 KOİ giderimi elde edilmiştir. Literatürde de NF membranları için benzer KOİ giderimleri sağlanmıştır. Lopes vd. (2005) tekstil atıksu arıtımı için % 80 KOİ giderimi elde etmişlerdir. Bir başka çalışmada, Chakraborty vd. (2003), NF ile boyama atıksuları arıtımında % 94 KOİ giderimi elde etmişlerdir.

Tablo 23. NF membranlarının performanslarının durağan koşullarda karşılaştırılması

Membran	Akı (L/m ² /h)	Permeat Kalitesi			Toplam Giderim (%)		
		KOİ (mg/L)	Renk (Pt-Co)	İletkenlik (mS/cm)	KOİ	Renk	İletkenlik
NF 270	31	87	8	4.3	92	93	60
NF 90	8	67	8	1.0	94	93	91
NF 99	2	113	15	4.9	88	91	55

NF membranları iletkenliğe neden olan çözünmüş katıların gideriminde etkilidirler ancak burada test edilen NF membranları ile bunların tamamen giderimi sağlanamamıştır. Tablodan da görüldüğü üzere en düşük permeat iletkenliği 1.0 mS/cm olarak NF 90 membranı için tespit edilmiştir ve iletkenlik açısından yukarıda tabloda verilen yeniden kullanım kriterini sağlamaktadır. NF 99 ve NF 270 membranlarının permeat iletkenlik değerleri birbirine çok yakın olup sırasıyla 4.9 mS/cm and 4.3 mS/cm olarak ölçülmüştür. NF 70 membranının iletkenlik giderimi için Nghiem ve Hawkes (2007) de benzer sonuçlar rapor etmişlerdir.

Bu üç NF membranının permeat akıları da ölçülmüş ve sonuçları Tablo 24’ de verilmiştir. NF 99 ve NF 90 membranlarının akıları birbirine çok yakındır ve NF 270 membranına göre de oldukça düşüktür. NF 270 membranının akısı diğer alternatif membranlardan 4 ila 6 kat daha fazla olarak bulunmuştur.

NF membranlarının tıkanma performanslarının değerlendirilmesi de Tablo 24’ de verilmiştir. NF 270 membranının permeat akıları diğer membranlardan çok yüksek olsa da NF 270 ve NF 99 membranları NF 90 membranına göre birbirine yakın ve düşük akı azalımı ve geri dönüşümsüz akı değerleri sergilemiştir.

Tablo 24. NF membranlarının durağan koşullarda tıkanma performansları

Membran	NF 99	NF 90	NF 270
Akı Gerikazanımı (%)	99	90	98
Akı Azalımı (%)	48	76	52
Geridönüşümsüz Tıkanma (%)	1	10	2

Bütün verilen sonuçlar göstermiştir ki NF 270 membranı permeat akı, KOİ ve renk giderim performansları açısından en iyi membrandır. Bütün NF membranları KOİ, renk ve pH parametreleri açısından yeniden kullanılabilirlik limitlerini sağlamaktadır. Ancak, sadece NF 90 membranı iletkenlik parametresi açısından da bu limiti sağlamıştır.

b. NF performansına pH etkisi

Atıksu pH'sının NF membran performansına etkisini araştırmak amacıyla pH 7.2±0.4 ve 9.7±0.2 alternatifleri değerlendirilmiş ve Tablo 25'de sunulan sonuçlara ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, yüksek ve düşük atıksu pH değerlerinde oldukça benzer verimler elde edilmiştir. İndigo boyasının yüksek pH koşulları altında çözünür halde bulunması nedeniyle, yüksek pH'da, çok az da olsa düşük KOİ giderimi gözlenmiştir. Renk giderimi, atıksu pH'sı ile hemen hemen değişmemiştir. Atıksu pH değerinin 9.7±0.2 olduğu koşulda, 7.2±0.4'ye göre daha düşük permeat iletkenlik değerine ulaşılmıştır. Bu da kullanılan NF 270 membranının negatif yüklü yapısıyla açıklanabilmektedir. NF 270 membranının negatif yüklü ve yüksek pH larda yükü artan bir membran olduğu, Nghiem ve Hawkes (2007) tarafından rapor edilmiş ve pH artışı ile birlikte aynı bu çalışmada olduğu gibi iletkenlik gideriminde azalış tespit edilmiştir. Bütün bulgular, iletkenlik parametresi dışında atıksu pH'sının NF membranının arıtım performansına önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir.

Tablo 25. NF 270 membranının performansına pH'nın (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması

pH	Akı (L/m ² /h)	Permeat Kalitesi			Toplam Giderim (%)		
		KOİ (mg/L)	Renk (Pt-Co)	İletkenlik (mS/cm)	KOİ	Renk	İletkenlik
7.2±0.4	31	87	8	4.3	92	93	60
9.7±0.2	32	130	8	2.9	89	94	73

Permeat akı değerleri açısından baktığımızda da her iki pH değeri içinde yine çok benzer akılar elde edilmiştir (Tablo 26). Permeat akı ve giderim değerlerine ek olarak, NF 270 membranının tıkanmasına pH etkisi değerlendirilmiş ve sonuçları Tablo 26'da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere her iki pH değeri için de tıkanma değerleri çok yakındır.

Tablo 26. NF 270 membranı tıkanma performansına iki farklı pH'daki atıksuyun (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması

Membran	pH 7.2±0.4 pH 9.7±0.2	
	Akı Gerikazanımı (%)	98
Akı Azalımı (%)	52	51
Geridönüşümsüz Tıkanma (%)	2	0

c. NF performansına ön filtrasyonun etkisi

NF performansına ön arıtımın etkisini incelemek amacıyla iki tür ön filtrasyon alternatifi denenmiş ve bu süreçlerden çıkan süzüntü, NF aşamasında kullanılmıştır. İlk ön filtrasyon alternatifi olan 5 µm MF sonrası uygulanan NF, durağan koşullarda % 93 renk giderimi ve % 92 KOİ giderimi sağlamıştır (Tablo 27). Önfiltrasyonun performansını artırmak amacıyla 5 µm MF ardından, 100 kDa UF uygulandığında, NF performansı, % 96 renk ve % 87 KOİ giderimi olarak gerçekleşmiştir. Tablo 27'de karşılaştırılmalı olarak sunulduğu üzere, MF sonrası UF uygulanması, renk, KOİ ve iletkenlik gideriminde önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Ancak, süzüntü suyu akısında yaklaşık %16'lık bir artış görülmüştür.

Tablo 27. NF 270 membran performansına (durağan koşullarda) iki farklı ön filtrasyon alternatifinin etkisinin karşılaştırılması

Membran Sıralaması	Akı (L/m ² /h)	Permeat Kalitesi			Toplam Giderim (%)		
		KOİ (mg/L)	Renk (Pt-Co)	İletkenlik (mS/cm)	KOİ	Renk	İletkenlik
5 µm + NF 270	31	87	8	4.3	92	93	60
5 µm +100 Da+ NF 270	37	115	2	4.4	87	96	59

İki farklı önfiltrasyon alternatifinin NF 270 membranının renk, KOİ ve iletkenlik giderimine etkisine ek olarak bu iki alternatifin NF 270 membranının tıkanma performansına etkisi de incelenmiş ve sonuçları Tablo 28'de verilmiştir. NF 270 membranının akı azalması, geri dönüşümsüz tıkanma ve akı geri kazanımı değerleri iki önfiltrasyon alternatifi için oldukça benzer olarak tespit edilmiştir. NF 270 membranı akı azalması, her iki önfiltrasyon alternatifi

içinde tamamen geridönüşümlü olup konsantrasyon polarizasyon mekanizması ile açıklanabilmektedir (Tablo 28). Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, NF öncesi MF'nun yeterli olabileceğine, UF gerekmebileceğine karar verilmiştir.

Tablo 28. NF 270 membranı tıkanma performansına iki farklı ön filtrasyon alternatifinin (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması

Membran	Ön filtrasyon	
	5 µm + NF 270	5 µm +100 Da+ NF 270
Akı Gerikazanımı (%)	98	100
Akı Azalımı (%)	52	47
Geridönüşümsüz Tıkanma (%)	2	0

d. NF performansına atıksu kirlilik düzeyinin etkisi

İndigo boyama atıksularının kompozisyonunun değişken niteliği göz önünde bulundurularak, S1 atıksuyu (Tablo 29) için elde edilen NF deney sonuçlarının, genel olarak indigo boyama yıkama sularının arıtımında kullanılabilirliğini göstermek amacıyla daha az konsantre olan S2 atıksu örnekleri ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Daha önceki deneylerde en konsantre atıksu olan S1 için belirlenen 5 µm MF sonrası NF arıtımının performansı, S2 kompozit atıksuyu içinde denenmiştir. Tablo 29'da bu farklı iki konsantrasyondaki atıksu için NF 270 membran performansı sonuçları verilmektedir. Görüldüğü gibi, NF permeat iletkenlik değeri, S1 atıksuyu için S2 atıksuyuna göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Permeat akıları açısından sonuçlar değerlendirildiğinde de, S1 atıksuyu için ölçülen akı değerinin, S2 atıksuyu için ölçülen akı değerinden % 23 daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 29. Farklı iki konsantrasyondaki atıksuyun NF 270 membranı performansına (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması

Konsantrasyon	Akı (L/m ² /h)	Permeat Kalitesi			Toplam Giderim (%)		
		KOİ (mg/L)	Renk (Pt-Co)	İletkenlik (mS/cm)	KOİ	Renk	İletkenlik
S1	31	87	8	4.3	92	93	60
S2	40	40	3	3.5	93	98	51

NF 270 membranının iki farklı atıksuyun arıtımındaki tıkanma performansı sonuçları Tablo 30' da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere daha konsantre olan ilk yıkama teknesi atıksuyu (S1) arıtımında kullanılan NF 270 membranındaki akı azalımı komposit atıksu için kullanılan NF 270 membranından daha yüksektir. Akı azalımının tersine geri dönüşümsüz tıkanma daha seyrek olan komposit atıksu uygulamasında kullanılan NF 270 membranında ilk yıkama teknesi için kullanılandan daha yüksektir ve buradaki geri dönüşümsüz tıkanma gözenek tıkanması mekanizmasıyla açıklanabilmektedir.

Tablo 30. Farklı iki konsantrasyondaki atıksuyun NF 270 membranı tıkanma performansına (durağan koşullarda) etkisinin karşılaştırılması

Membran	S1	S2
Akı Gerikazanımı (%)	98	86
Akı Azalımı (%)	52	45
Geridönüşümsüz Tıkanma (%)	2	14

Elde edilen sonuçlar, S1 atıksuyuna göre daha az kirlilik yüküne sahip S2 atıksuyunun da, S1 atıksuyu için uygulanan aynı membran filtrasyon sıralaması (5µm MF+NF) ile etkin bir şekilde arıtıldığını ortaya koymuştur. Sonuçlar aynı zamanda 5 µm MF ardından NF 270 membran filtrasyon sıralamasının her tür indigo boyama atıksuyuna da uygulanabileceğini göstermiştir.

3.3.2. En Çok Uygulanan Üç Boyama Reçetesine Ait Karışım Atıksuyu ile Geri Kazanım Çalışmaları

En çok uygulanan 3 boyama reçetesi ve bu reçetelerin karışımından oluşan atıksuyla karakterizasyon çalışmaları yürütülmüştür. Atıksuların kirlilik yükü tespit edildikten sonra ön arıtım olarak koagülasyon, MF ve UF alternatifleri değerlendirilmiştir. Ön arıtım tekniğine karar verildikten sonra atıksu NF'e tabi tutulmuştur ve geri kullanım olasılığı bu şekilde belirlenmiştir.

Reçetelere ait yıkama atıksuları aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

R1: Reçete-1'e ait yıkama atıksuları

R2: Reçete-2'ye ait yıkama atıksuları

R3: Reçete-3'e ait yıkama atıksuları

Karışım: Karışım atıksuyuna ait yıkama atıksuları (karışım atıksuyu laboratuvar koşullarında R1, R2 ve R3'ün hacimce birebir oranında karışımıyla elde edilmiştir).

3.3.2.1. Atıksu Karakterizasyon Çalışmaları

İndigo boyamada sıkça uygulanan üç reçeteye ve karışım atıksuyuna ait yıkama atıksuyu karakterizasyon değerleri Tablo 31'de verilmektedir. Görüldüğü üzere reçetelere ait renk, KOİ ve iletkenlik değeri oldukça yüksektir. Atıksu bazik niteliktedir. İçinde boya ve kullanılan kimyasaldan ötürü çok miktarda çözünmüş madde bulunmuştur.

Karışım atıksuyu üç reçetenin eşit hacimlerde karışımıyla oluştuğu için karışıma ait renk ve KOİ değerleri en kirli suya (R2) göre daha düşük ve en temiz suya (R3) göre daha yüksektir. Karışım atıksuyu renk ve KOİ değerleri oldukça yüksektir. Atıksu diğer üç reçete gibi bazik nitelik göstermiştir.

Tablo 31. İndigo boyama yıkama atıksuyu karakterizasyon değerleri

Parametreler	R1	R2	R3	Karışım
pH	9.4-10.4	10.0-12.0	9.2-10.2	9.4-11.3
İletkenlik, mS/cm	6.8-4.0	8.0-10.1	5.5-3.2	6.6-5.9
Alkalinite, mg/L CaCO ₃	964-1100-	1274-1450	706-792	876-1080
KOİ, mg/L	1096-841	1571-1787	1178-348	1263-929
Renk, Pt-Co	6460-5593	10660-8600	5070-1255	6850-5120

3.3.2.2. Koagülasyon Çalışmaları

Optimum koagülan doz belirleme çalışmaları Aqua Lytic Jar Test cihazı kullanılarak tamamlanmıştır. Koagülan olarak Al₂(SO₄)₃.18H₂O ve FeCl₃.6H₂O kullanılmıştır. Jar test deneyleri optimum koagülan dozunu belirlemek için her iki koagülan için de 50-1000 mg/L konsantrasyonları arasında kontrolsüz pH koşullarında (orjinal atıksu pH'sında) ve iki paralel set halinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler oda sıcaklığında 500 mL atıksu numuneleri

kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki koagülan için de 10 g/L stok çözeltileri hazırlanmıştır. Deneş koşulları Tablo 32’te verilmiştir.

Tablo 32. Koagülasyon Deneş Koşulları

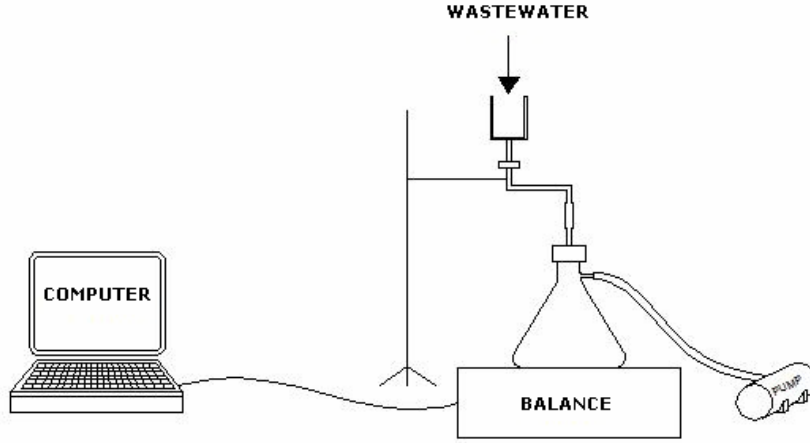
Deneş fazları	Süre	Karıştırma hızı
Hızlı karıştırma	2 dakika	120 rpm
Yavaş karıştırma	30 dakika	30 rpm
Bekleme	60 dakika	-

Bu koagülanların performansları renk ve KOİ giderimleri göz önüne alınarak çökelen numunelerin üst kısımlarındaki berrak su analiz edilerek değerlendirilmiştir.

3.3.2.3. Mikrofiltrasyon/Ultrafiltrasyon Çalışmaları

Koagülasyona alternatif bir ön arıtım tekniğı olarak iki farklı basınçta sonlu MF çalışmaları 3 farklı gözenek boyutundaki (0.45, 2.5 ve 8 µm-Millipore ve Whatman marka) filtreler kullanılarak yapılmıştır. Arıtma verimleri renk ve KOİ giderimlerine göre değerlendirilmiştir. Düşük ve yüksek basınçta (0.7 ve 3 bar) MF çalışmaları 3 farklı filtreyle, Şekil 30 ve Şekil 31’de verilmekte olan Buchner hunisi (BF) ve Amicon süzme cihazlarıyla denenmiştir. MFdeneyleri, huni içine yerleştirilen filtre kağıtlarının üzerlerine dökülerek, pompa tarafından uygulanan vakumla kalibre edilmiş terazi üzerinde bulunan dereceli silindire süzölmek suretiyle yürütölmüştür. Süzölen suyun ağırlığı zamana bağılı olarak süzölmek sırasında teraziye bağılı olan bir bilgisayara aktarılmıştır. Bu şekilde akı değerleri daha sağılıklı hesaplanabilmiştir.

Optimum basınç ve filtre belirlendikten sonra MF önarıtımına tabi tutulan atıksu UF’e verilmiştir. UF çalışmaları 5, 10, 50 ve 100 kDa gözenek boyutundaki filtreler ile 4 bar basınç altında Şekil 31’de verilmekte olan Amicon süzme cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Filtreler denenirken her bir reçete için 400 mL atıksu süzölmüştür. Tek aşamalı MF ve ardışık MF/UF uygulamalarının performansları KOİ, renk ve iletkenlik giderim değerlerine göre hesaplanmıştır.



Şekil 30. BF süzme cihazı



Şekil 31. MF/UF Test Cihazı

3.3.2.4. Nanofiltrasyon Çalışmaları

NF deneyleri düz tabaka şeklinde olan polyamide NF-270 membranı ile DSS Labstak M 20 membran modulünde gerçekleştirilmiştir. Filtrasyon alanı 0.036 m^2 , transmembran basıncı 5.02 bar ve yatay akış hızı 0.62 m/s olarak belirlenmiştir. Filtrasyon süresince onbeşer dakikalık aralarla süzüntü suyu ve besleme suyu (atıksu) numuneleri alınmıştır. Süzüntü suyu akışı sabitlenene dek süzme işlemi devam etmiştir. Membran ünitesi “total recycle” modunda işletilmiştir. “Total recycle” modunda hem süzüntü suyu hem de konsantre atıksu besleme tankına geri çevrilmektedir. NF deneyleri besleme atıksularının tabi tutulduğu ön arıtım

tekniki bakımından (MF ve MF+UF) iki farklı set halinde boyama hattının genelini temsil etmesi açısından karışım atıksuyuna uygulanmıştır. Bunlar;

- Set1: Ardışık MF ve UF uygulanarak ön arıtıma tabi tutulan karışım atıksuyuna uygulanan NF seti,
- Set2: Sadece MF uygulanarak ön arıtıma tabi tutulan karışım atıksuyuna uygulanan NF seti,

Filtrasyon prosesinin öncesi ve sonrasında membran tıkanmasının bir göstergesi olan akı düşüşünü belirlemek amacıyla temiz su akısı hesaplanmıştır. Filtrasyon sonrasında akı düşüşü fazla ise diğer bir deyişle filtre tıkanırsa filtre akı geri kazanımını artırmak amacıyla 30 dakika boyunca "Total recycle" modda asit (HNO_3 -pH 3)-baz (NaOH -pH 9) yıkaması yapılmıştır.

3.3.2.5. Analitik Metotlar

KOİ ölçümleri HACH DR-2000 Model spektrofotometre ile USEPA onaylı HACH Metot No.8000 kullanılarak 1500 mg/L KOİ değerine kadar yapılabilecek ölçümler için 620 nm dalga boyunda, 150 mg/L KOİ değerine kadar ölçümler için 420 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri aynı metotla 455 nm dalga boyunda belirlenmiştir. İletkenlik ve pH ölçümleri Hach Sension 378 ile yapılmıştır. Alkalinite ölçümleri Standard Metotlara göre bulunmuştur.

3.3.2.6. Deney Sonuçları

Deney sonuçlarının yorumlanması sonucu NF öncesi uygulanması gereken ön arıtım tekniği belirlenmiştir. Sonuçlar koagülasyon, MF/UF ve NF sonuçları olmak üzere 3 başlık altında incelenmiştir.

a. Koagülasyon Sonuçları

R1 atıksuları

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ için kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen optimum koagülan doz belirleme çalışma sonuçları Tablo 33'te verilmektedir. Elde edilen iletkenlik değerleri orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden (6.8-4.0) çok büyük bir farklılık göstermemektedir. Bu durum, atıksu içindeki boya ve kullanılan kimyasaldan ötürü bulunan çözünmüş madde miktarının koagülasyondan etkilenmediğini göstermektedir. Renk giderimi % 2.8-60.2 değerleri arasında değişmektedir. Koagülan miktarı arttıkça renk giderim değerinde de buna paralel bir artış görülmektedir. En yüksek renk giderimi gördüğümüz durumu en avantajlı durum olarak kabul ettiğimiz için KOİ giderimi sadece en yüksek renk giderimi gördüğümüz koagülan konsantrasyonu için analiz edilmiştir. KOİ renk gideriminin en yüksek olduğu koagülan dozunda 370-429 mg/L (56%-49% giderim) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 33. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ için optimum koagülan doz deney sonuçları

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu (Blank/Şahit)*	10.3-10.2	3.9-4.0	5070-5390	9.4-3.6
50	9.7-10.2	3.9-4.0	4900-5438	12.4-2.8
100	9.7-10.1	3.9-4.0	4850-5285	13.3-5.5
200	9.6-9.9	3.9-4.0	4950-5123	11.5-8.4
300	9.3-9.7	3.8-3.9	5060-5390	9.5-3.6
400	9.1-9.6	3.7-3.9	4870-5255	12.9-6.0
500	8.9-9.4	3.7-3.8	4830-4795	13.6-14.3
600	8.5-9.2	3.6-3.8	4470-4590	20.1-17.9
700	8.1-9.0	3.6-3.8	4270-4390	23.7-21.5
800	7.7-8.5	3.6-3.7	3865-4010	30.9-28.3
900	7.5-8.0	3.6-3.7	2870-3720	48.7-33.5
1000	7.3-7.6	3.6-3.7	2225-2890	60.2-48.3

Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
	KOİ,mg/L		% KOİ giderimi	
1000	370-429		56-49	

* Al₂(SO₄)₃.18H₂O eklenmedi

Koagülan olarak FeCl₃.6H₂O kullanılarak kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen koagülasyon çalışma sonuçları Tablo 34'te verilmektedir. Jar test deneyleri FeCl₃.6H₂O için de Al₂(SO₄)₃.18H₂O da olduğu gibi 50-1000 mg/L konsantrasyonları arasında gerçekleştirilmiştir. İletkenlik değerlerindeki değişim Al₂(SO₄)₃.18H₂O için gördüğümüz değerlerle benzerlik göstermekle birlikte orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden (6.8-4.0) çok büyük bir farklılık göstermemektedir. Renk giderimi %1.8-%65 değerleri arasında değişmektedir. KOİ renk gideriminin en yüksek olduğu koagülan dozunda 328-362 mg/L (%61-%57 giderim) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 34. FeCl₃.6H₂O için optimum koagülan doz deney sonuçları

FeCl ₃ .6H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu (Blank/Şahit)*	10.3-10.2	3.9-4.0	5070-5390	9.4-3.6
50	10.2-10.2	3.9-4.0	5290-5330	5.4-4.7
100	10.2-10.1	3.9-4.0	5010-5290	10.4-5.4
200	10.0-9.8	3.8-4.0	5190-5170	7.2-7.6
300	9.8-9.7	3.8-3.9	5490-5110	1.8-8.6
400	9.6-9.3	3.8-3.9	5910-5290	0-5.4
500	9.3-9.1	3.8-3.9	5790-5000	0-10.6
600	8.9-9.0	3.7-3.8	4020-4050	28.1-27.6
700	8.2-8.4	3.8-3.8	3120-2980	44.2-46.7
800	7.7-7.5	3.7-3.7	2750-2640	50.8-52.8
900	7.4-7.3	3.8-3.7	2370-2220	57.6-60.3

FeCl ₃ .6H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
1000	7.1-7.2	3.7-3.7	2190-1960	60.8-65.0
	KOİ,mg/L		% KOİ giderimi	
1000	362-328		57-61	

*FeCl₃.6H₂O eklenmedi

R2 atıksuları

Al₂(SO₄)₃.18H₂O için kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen optimum koagulan doz belirleme çalışma sonuçları Tablo 35'te verilmiştir. Deneyle sonuçunda elde edilen iletkenlik değerleri orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden (8.0-10.1 mS/cm) çok büyük bir farklılık göstermemektedir. Renk giderimi %1.8-%20.1 değerleri arasında değişmektedir. R1'de renk gideriminde görülen eğilim (koagulan miktarı arttıkça renk giderim değerinde buna paralel artış) R2'de görülmemiştir. Bu durum R2'nin renk parametresi bakımından daha kirli ve daha kararsız, heterojen bir yapıya sahip olmasıyla açıklanabilir. Al₂(SO₄)₃.18H₂O için en yüksek KOİ giderimi %19 olarak bulunmuştur.

Tablo 35. Al₂(SO₄)₃.18H₂O için optimum koagulan doz deney sonuçları

Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu (Blank/Şahit)*	11.7-11.7	10.0-10.0	9740-9770	8.6-8.3
50	11.7-11.7	9.7-9.7	9540-9680	10.5-9.2
100	11.7-11.7	9.7-9.7	9400-9640	11.8-9.6
200	11.6-11.6	9.5-9.4	9400-9700	11.8-9.0
300	11.6-11.6	9.2-9.3	9460-9220	11.3-13.5
400	11.5-11.5	9.1-9.0	9680-9740	9.2-8.6
500	11.5-11.46	8.8-8.7	9320-9280	12.6-13.0
600	11.4-11.4	8.8-8.5	9180-9000	13.9-15.6
700	11.3-11.2	8.4-8.4	9260-8940	13.1-16.1

Al₂(SO₄)₃.18H₂O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
800	11.2-11.2	8.3-8.3	9500-8900	10.9-16.5
900	11.0-11.0	8.1-8.2	8860-8700	16.9-18.4
1000	10.9-10.8	8.0-8.0	8820-8520	17.3-20.1
		KOİ,mg/L	% KOİ giderimi	
1000		1465-1447	18-19	

* Al₂(SO₄)₃.18H₂O eklenmedi

Koagülan olarak FeCl₃.6H₂O kullanılarak kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen koagülasyon çalışma sonuçları Tablo 36'da verilmiştir. İletkenlik değerlerindeki değişim Al₂(SO₄)₃.18H₂O için gördüğümüz değerlerle benzerlik göstermekle birlikte orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden (8.0-10.1 mS/cm) çok büyük bir farklılık göstermemiştir. Renk giderimi %3.0-%56.1 değerleri arasında değişmiştir. FeCl₃.6H₂O koagülanı için koagülan miktarı arttıkça renk giderim değerinde de buna paralel bir artış görülmüştür. KOİ renk gideriminin en yüksek olduğu koagülan dozunda 1233-1197 mg/L (31%-33% giderim) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 36. FeCl₃.6H₂O için optimum koagülan doz deney sonuçları

FeCl₃.6H₂O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu (Blank/Şahit)*	11.7-11.7	10.0-10.0	9740-9770	8.6-8.3
50	11.8-11.8	9.8-9.7	9760-9560	8.4-10.3
100	11.8-11.7	9.6-9.6	9700-9960	9.0-6.6
200	11.8-11.6	9.4-9.4	9660-9800	9.4-8.1
300	11.4-11.6	9.3-9.3	10140-10160	4.9-4.7
400	11.6-11.5	9.0-9.0	10320-10000	3.3-6.2
500	11.5-11.5	8.9-8.8	10340-9800	3.0-8.1
600	11.4-11.4	8.7-8.6	8240-7320	22.7-31.3

FeCl ₃ .6H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
700	11.3-11.3	8.5-8.5	6980-6400	34.5—40.0
800	11.2-11.2	8.3-8.3	5920-5680	44.5-46.7
900	11.0-11.1	8.3-8.3	5420-5400	49.2-49.3
1000	10.9-10.9	8.3-8.3	4700-4680	55.9-56.1
		COD,mg/L	% COD Removal	
1000	1233-1197		31-33	

*FeCl₃.6H₂O eklenmedi

R3 atıksuları

Al₂(SO₄)₃.18H₂O için kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen optimum koagulan doz belirleme çalışma sonuçları Tablo 37’de verilmektedir. Deneyler sonucunda elde edilen iletkenlik değerleri (3.0-3.2 mS/cm) orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden (3.2 mS/cm) çok büyük bir farklılık göstermemiştir. Koagülasyon çalışmaları analiz edilen üç reçeteye ait iletkenlik değerlerinde önemli bir değişikliğe neden olmamaktadır. Renk giderimi %48.8-%96.6 değerleri arasında değişmiştir. Bu değerler üç reçete arasında görülen en yüksek değerlerdir. KOİ renk gideriminin en yüksek olduğu koagulan dozunda 202-198 mg/L (%42-%43 giderim) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 37. Al₂(SO₄)₃.18H₂O için optimum koagulan doz deney sonuçları

Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu(Blank/Şahit)*	10.1-10.1	3.2-3.2	709-700	43.5-44.2
50	10.0-10.0	3.2-3.2	642-698	48.8-52.4
100	9.9-9.8	3.1-3.1	626-632	50.1-49.6
200	9.5-9.5	3.1-3.1	616-620	50.9-50.6
300	9.1-9.2	3.1-3.1	564-578	55.1-53.9

Al₂(SO₄)₃.18H₂O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
400	8.6-8.5	3.1-3.1	718-678	42.8-46.0
500	8.2-8.2	3.1-3.1	717-594	42.9-52.7
600	8.0-8.0	3.1-3.1	347-255	72.4-79.7
700	7.7-7.6	3.1-3.1	143-100	88.6-92.0
800	7.4-7.5	3.1-3.1	57-60	95.5-95.2
900	7.3-7.3	3.0-3.1	53-47	95.8-96.3
1000	7.1-7.2	3.0-3.0	64-43	94.9-96.6
	KOİ,mg/L		% KOİ giderimi	
1000	202-198		42-43	

*Al₂(SO₄)₃.18H₂O eklenmedi

Koagulan olarak FeCl₃.6H₂O kullanılarak kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen koagülasyon çalışma sonuçları Tablo 38’de verilmiştir. İletkenlik değerlerindeki değişiklik Al₂(SO₄)₃.18H₂O için de olduğu gibi orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden çok büyük bir farklılık göstermemiştir. Renk giderimi %57.4-%79.8 değerleri arasında değişmiştir. KOİ renk gideriminin en yüksek olduğu koagulan dozunda 205-198 mg/L (%41-%43 giderim) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 38. FeCl₃.6H₂O için optimum koagulan doz deney sonuçları

FeCl₃.6H₂O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu(Blank/Şahit)*	10.1-10.1	3.2-3.2	709-700	43.5-44.2
50	9.9-10.0	3.2-3.2	535-528	57.4-58.0
100	9.8-9.8	3.2-3.2	485-467	61.4-62.8
200	9.5-9.6	3.1-3.2	414-399	67.0-68.2
300	9.1-9.0	3.1-3.1	373-342	70.3-72.8
400	8.2-8.1	3.2-3.1	355-317	71.7-74.7

FeCl ₃ .6H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
500	7.8-7.6	3.1-3.2	271-254	78.4-79.8
600	7.6-7.5	3.2-3.2	253-280	79.8-77.7
700	7.4-7.2	3.2-3.2	280-286	77.7-77.0
800	7.2-7.1	3.2-3.2	343-338	72.7-73.1
900	7.0-6.9	3.2-3.2	354-305	71.8-75.7
1000	6.8-6.9	3.2-3.1	316-363	74.8-71.1
	KOİ,mg/L		% KOİ giderimi	
500	205-198		41-43	

*FeCl₃.6H₂O eklenmedi

Karışım Atıksuyu

Analiz edilen üç farklı reçetenin fabrikanın boyama kısmında ağırlıklı olarak uygulanmakta olan reçeteler olması nedeniyle bu üç reçetenin hacim bakımından bire bir karışımının boyama hattından çıkan yıkama atıksularının karakteristiklerini yansıtacağı düşünülerek karışım suyu da ön arıtım bakımından değerlendirilmeye alınmıştır. Al₂(SO₄)₃.18H₂O için kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen optimum koagülan doz belirleme çalışma sonuçları Tablo 39’da verilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen iletkenlik değerleri (4.9-5.3 mS/cm) orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden (5.4 mS/cm) çok büyük bir farklılık göstermemiştir. Renk giderimi %24-%46 değerleri arasında değişmiştir. KOİ renk gideriminin en yüksek olduğu koagülan dozunda 520-539 mg/L (%44-%42 giderim) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 39. Al₂(SO₄)₃.18H₂O için optimum koagülan doz deney sonuçları

Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu (Blank/Şahit)*	10.3-10.2	5.3-5.3	3980-3950	22.3-22.9

Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
50	10.1-10.2	5.3-5.3	3870-3770	24.4-26.4
100	10.2-10.1	5.3-5.3	3800-3730	25.8-27.2
200	10.0-10.1	5.2-5.2	3710-3720	27.5-27.3
300	9.9-10.0	5.2-5.2	3630-3640	29.1-28.9
400	9.8-9.7	5.1-5.1	3530-3550	31.1-30.7
500	9.6-9.5	5.0-5.0	3420-3440	33.2-32.8
600	9.5-9.4	5.0-5.0	3310-3260	35.4-36.3
700	9.4-9.3	5.0-4.9	3270-3130	36.1-38.9
800	9.2-9.2	4.9-4.9	3190-3170	37.7-38.1
900	9.0-9.1	4.9-4.9	2800-2960	45.3-42.2
1000	8.8-8.8	4.9-4.9	2790-2880	45.5-43.8
	KOİ,mg/L		% KOİ giderimi	
1000	520-539		44-42	

* Al₂(SO₄)₃.18H₂O eklenmedi

Koagulan olarak FeCl₃.6H₂O kullanılarak kontrolsüz pH koşullarında gerçekleştirilen koagülasyon çalışma sonuçları Tablo 40'da verilmiştir. İletkenlik değerlerindeki değişiklik Al₂(SO₄)₃.18H₂O için de olduğu gibi orjinal atıksuyun iletkenlik değerinden çok büyük bir farklılık göstermemiştir. Renk giderimi %25-%52 değerleri arasında değişmiştir. KOİ renk gideriminin en yüksek olduğu koagulan dozunda 465-483 mg/L (%50-%48 giderim) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 40. FeCl₃.6H₂O için optimum koagulan doz deney sonuçları

FeCl ₃ .6H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
Orjinal atıksu(Blank/Şahit)*	10.3-10.2	5.3-5.3	3980-3950	22.3-22.9
50	10.3-10.3	5.3-5.3	3830-3723	25.2-27.0

FeCl ₃ .6H ₂ O konsantrasyonu, mg/L	pH	İletkenlik, mS/cm	Renk, Pt-Co	% Renk giderimi
	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2	Set1-Set2
100	10.3-10.3	5.3-5.3	3922-3912	23.4-23.6
200	10.2-10.2	5.3-5.3	3937-4019	23.1-21.5
300	10.1-10.0	5.3-5.2	3809-3676	25.6-28.2
400	9.9-9.9	5.2-5.2	3466-3523	32.3-31.2
500	9.7-9.7	5.2-5.2	3446-3267	32.7-36.2
600	9.6-9.6	5.1-5.1	3523-3543	31.2-30.8
700	9.4-9.3	5.1-5.1	3036-3256	40.7-36.4
800	9.2-9.2	5.1-5.0	2575-2785	49.7-45.6
900	8.7-8.6	5.0-5.0	2642-2831	48.4-44.7
1000	8.4-8.5	5.0-5.0	2458-2540	52.0-50.4
	KOİ,mg/L		% KOİ giderimi	
1000	465-483		50-48	

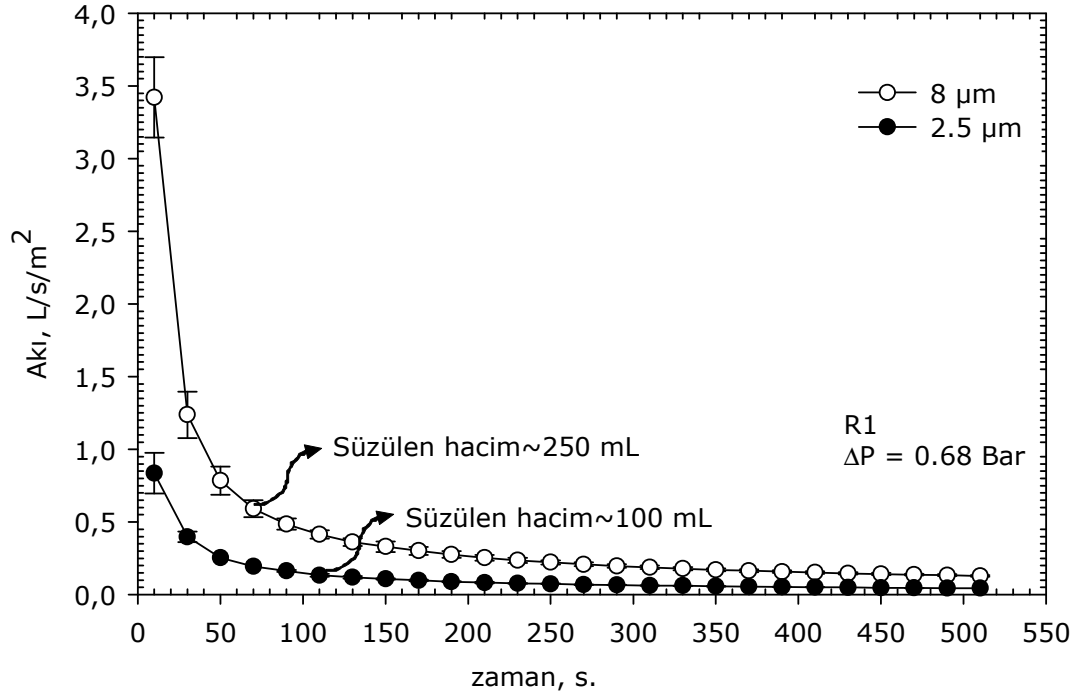
*FeCl₃.6H₂O eklenmedi

b. MF/UF Sonuçları

i. Düşük Basınç (0.7 Bar) MF Çalışmaları

R1 atıksuları

Şekil 32’de filtrasyon deney sonuçları gözenek boyutu 8 ve 2.5 µm olan filtreler için karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Gözenek boyutu 8 µm olan filtreye ait akış değerleri gözenek boyutu 2.5 µm olan filtreye ait akış değerlerinden daha yüksek olup yaklaşık olarak iki katını oluşturmaktadır. Gözenek boyutu 0.45 µm olan filtre süzülme işlemi başlar başlamaz tıkanıdığı için akı değerleri verilememiştir.



Şekil 32. R1'e ait akı-zaman değerleri

Filtrasyon sonucu akı değerleri sabitlendikten sonra filtrasyon işlemi durdurulmuş, süzülen numune KOİ ve renk giderim değerleri baz alınarak analiz edilmiştir. Tablo 41 analiz sonuçlarını vermektedir. İletkenlik ve pH değerlerinde büyük değişiklik görülmemiştir. MF büyük parçacıkların gideriminde etkili olduğu için iletkenlik gideriminin olmaması beklenen bir durumdur. Tüm filtreler renk ve KOİ giderimi bakımından benzerlik göstermiştir. Yaklaşık % 50 renk % 30 KOİ giderimi saptanmıştır.

Tablo 41. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri

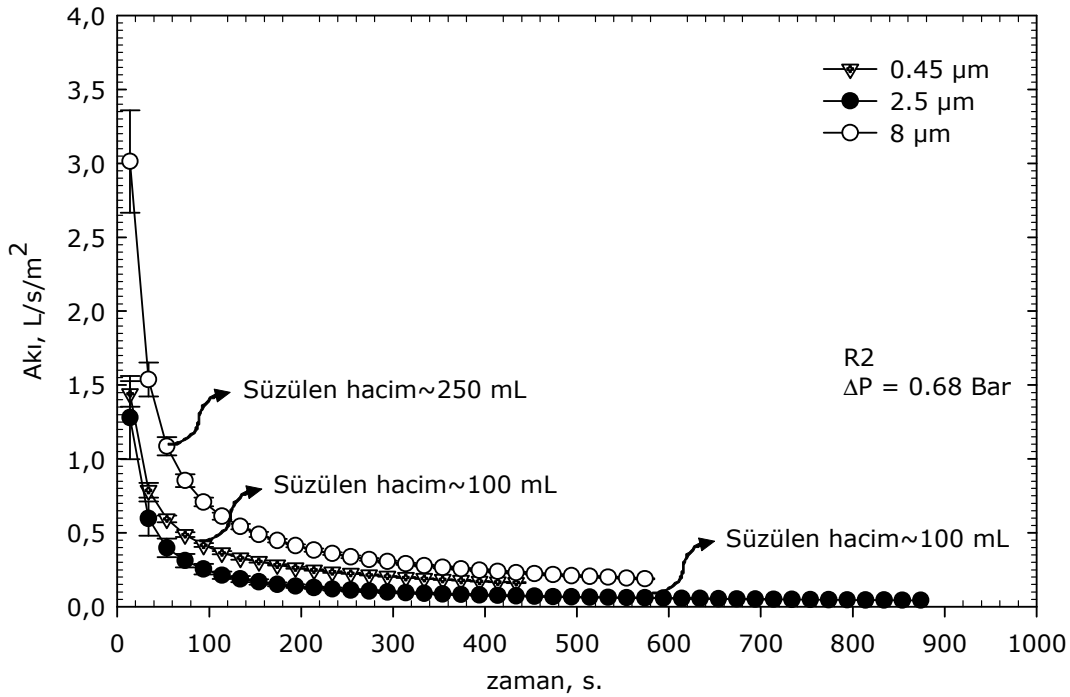
Filtre boyutu	İletkenlik, mS/cm	pH	KOİ, mg/L	%KOİ giderimi	Renk, Pt-Co	%Renk giderimi
0.45 µ	-	-	-	-	-	-
2.5 µ	3.5	9.8	637	24	2710	52
8 µ	3.5	9.7	565	33	2633	53

Optimum filtre boyutuna karar verebilmek için renk ve KOİ gideriminin yanısıra akı değerleri de önem arz etmektedir. KOİ ve renk giderimi bakımından farklılık göstermeyen filtreler akı

değerleri bakımından farklı davranmışlardır. 8 µm gözenek boyutlu filtre ile elde edilen akı değerleri 2.5 µm gözenek boyutlu filtreden daha yüksektir.

R2 atksuları

Şekil 33'te filtrasyon deney sonuçları gözenek boyutu 0.45, 2.5 ve 8 µm olan filtreler için karşılaştırmalı olarak verilmiştir. En yüksek akı değeri 8 µm olan filtreye ait olup bunu sırasıyla 0.45 ve 2.5 µm gözenek boyutuna sahip filtreler izlemiştir; başka bir deyişle, birim alandan birim zamanda en yüksek hacmin geçmesine izin veren filtre 8 µm gözenek boyutuna sahip filtre olarak görülmüştür.



Şekil 33. R2'e ait akı-zaman değerleri

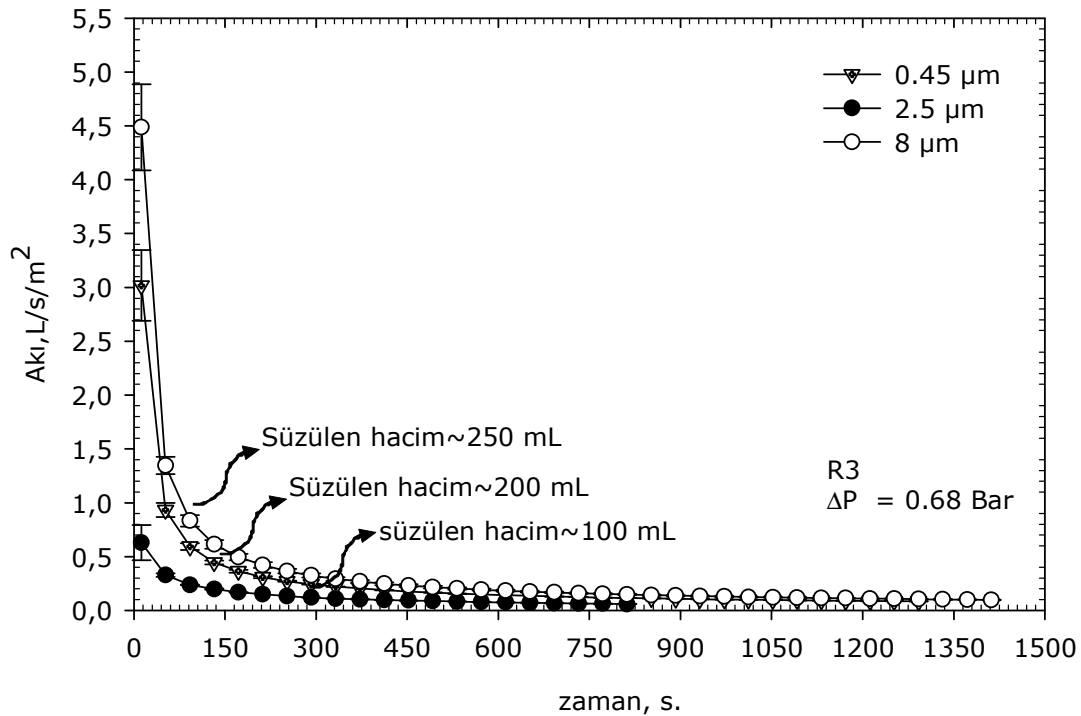
Tablo 42'de filtre edilen numunelerin karakteristikleri verilmiştir. Yüzde renk ve KOİ giderim değerlerine bakıldığında 3 farklı gözenek boyutuna sahip filtre için de büyük farklılık görülmemiştir. Renk giderim değerleri %71-76 arasında olup KOİ giderim değerleri ise %22-29 arasında değişmiştir. Bu noktada filtre seçiminde önemli olan bir başka parametre olan akı değerleri düşünülmelidir. En yüksek akı değerleri 8 µm'lik filtreye ait süzme sonuçlarında görülmüştür.

Tablo 42. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri

Filtre Boyutu	İletkenlik, mS/cm	pH	Renk, Pt-Co	% Renk Giderimi	KOİ, mg/L	% KOİ Giderimi
0.45 μm	9.27	11.74	2540	76	1344	25
2.5 μm	7.96	11.50	3070	71	1271	29
8 μm	9.37	11.74	3110	71	1397	22

R3 atıksuları

Şekil 34'te filtrasyon deney sonuçları gözenek boyutu 0.45, 2.5 ve 8 μm olan filtreler için karşılaştırmalı olarak verilmiştir. En yüksek akı değeri R2'de olduğu gibi 8 μm olan filtreye ait olup bunu sırasıyla 0.45 ve 2.5 μm gözenek boyutuna sahip filtreler izlemiştir; R3 boyama yıkama atıksuyu akı eğilimi bakımından R2'ye benzemiştir.



Şekil 34. R3'e ait akı-zaman değerleri

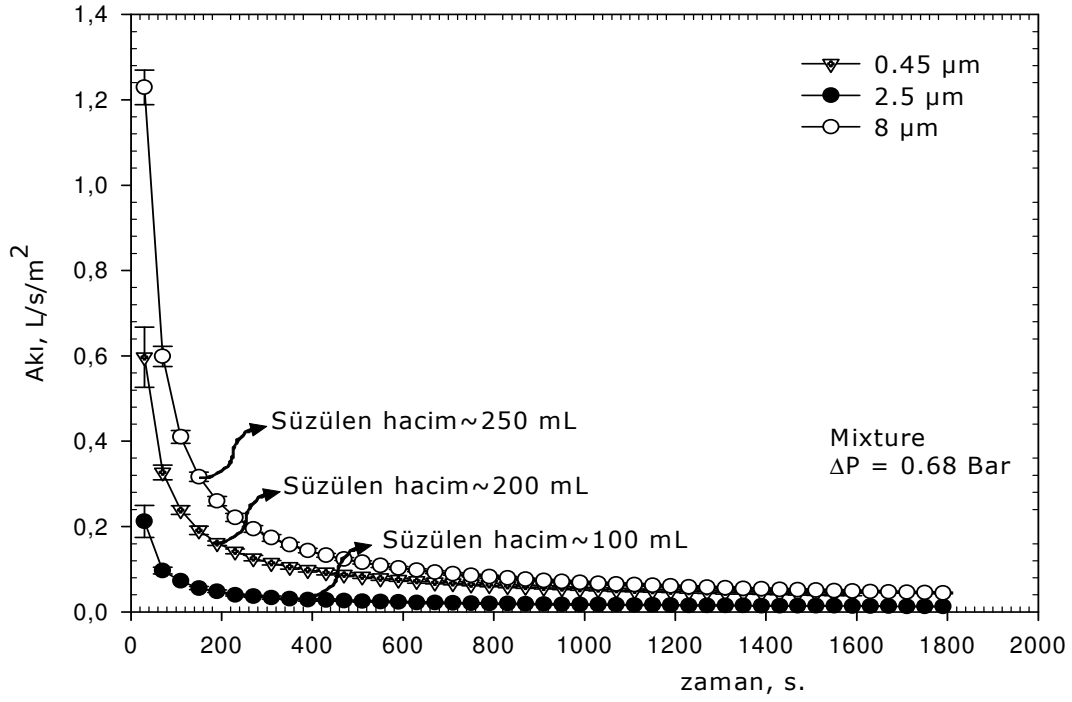
Tablo 43'te filtre edilen numunelerin karakteristikleri verilmiştir. Yüzde renk ve KOİ giderim değerlerine bakıldığında 3 farklı gözenek boyutuna sahip filtre için de büyük farklılıklar görülmemiştir. Renk giderim değerleri %67-74 arasında olup KOİ giderim değerleri ise %47-50 arasında değişmiştir. Akı değerlerine bakıldığında R2'de olduğu gibi en yüksek akı değerleri 8 µm'lik filtreye ait süzme sonuçlarında görülmüştür.

Tablo 43. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri

	Filtre Boyutu	İletkenlik, mS/cm	pH	Renk, Pt-Co	% Renk Giderimi	KOİ, mg/L	% KOİ Giderimi
Orjinal Atıksu	0.45 µm	3.17	9.78	321	74	174	50
	2.5 µm	3.04	9.72	419	67	184	47
	8 µm	3.14	9.75	405	68	180	48

Karışım atıksuyu

Şekil 35'te filtrasyon deney sonuçları gözenek boyutu 0.45, 2.5 ve 8 µm olan filtreler için karşılaştırmalı olarak verilmiştir. En yüksek akı değeri diğer üç reçetede de olduğu gibi gözenek boyutu 8 µm olan filtreye ait olup bunu sırasıyla 0.45 ve 2.5 µm gözenek boyutuna sahip filtreler izlemiştir.



Şekil 35. R1, R2 ve R3 reçeteleri atıksuları karışımında farklı gözenek boyutundaki filtreler için akı-zaman değerleri

Tablo 44'te filtre edilen numunelerin karakteristikleri verilmiştir. Renk giderim değerleri %61-72 arasında olup KOİ giderim değerleri ise %30-32 değerleri arasında değişmiştir.

Tablo 44. Değişik gözenek boyutuna sahip filtreler ile elde edilen numunelerin karakteristikleri

	Filtre Boyutu	İletkenlik, mS/cm	pH	Renk, Pt-Co	% Renk Giderimi	KOİ, mg/L	% KOİ Giderimi
Orjinal Atıksu	0.45 µm	5.10	10.10	1446	71.8	630	32.2
	2.5 µm	5.15	10.10	1983	61.3	648	30.3
	8 µm	5.22	10.12	2020	60.6	650	30.1

ii. Yüksek Basınç (3 Bar) MF Çalışmaları

Mikrofiltrasyon çalışmalarında zamana karşı akı, renk ve KOİ giderim değerleri birlikte düşünülünce analiz edilen ve fabrikanın boyama hattının atıksuyunun özelliklerini yansıtan bu reçeteler için test edilen üç farklı filtre arasında en uygunu gözenek boyutu 8 µm olan filtre olarak belirlenmiştir. Bu aşamada mikrofiltrasyon çalışmaları için bir strateji belirlemek gerekmiştir. Analiz edilen üç farklı reçetenin fabrikanın boyama kısmında ağırlıklı olarak uygulanmakta olan reçeteler olması nedeniyle bu üç reçetenin hacim bakımından bire bir karışımının boyama hattından çıkan yıkama atıksularının karakteristiklerini yansıtacağı düşünüldükten sonra çalışmanın geri kalan kısmı karışım atıksuyu üzerinde çalışılarak sürdürülmüştür. MF çalışmalarını bir adım daha ileriye taşıyarak akı değerlerini artırabilmek amacıyla karışım atıksuyu üzerinde test edilen filtrelere yüksek basınç (3 bar) uygulanarak süzölmeye karar verilmiştir.

Karışım atıksuyu

Tablo 45'te karışım atıksuyu üzerinde yüksek ve düşük basınçta farklı filtreler kullanılarak yapılan MF deney sonuçları verilmektedir.

Tablo 45. Farklı basınçlarda Renk ve KOİ giderimler ($P_1 = 0.7$ bar, $P_2 = 3$ bar)

Filtre boyutu (µm)	Renk Giderimi (%)					KOİ Giderimi (%)				
	R ₁	R ₂	R ₃	Karışım		R ₁	R ₂	R ₃	Karışım	
	P ₁	P ₁	P ₁	P ₁	P ₂	P ₁	P ₁	P ₁	P ₁	P ₂
0.45	-	76	74	72	64	-	25	50	32	29
2.5	52	71	67	61	62	24	29	47	30	27
8	53	71	68	61	-	33	22	48	30	-

Yüksek ve düşük basınçta yapılan filtrasyon sonucunda elde edilen numune karakteristikleri KOİ giderim değerleri bakımından çok farklılık göstermemiştir. Renk giderimi 3 bar basınçta yapılan filtrasyon sonucu %64'ten %72'ye çıkmıştır. Düşük basınçta yüksek akı değerleri

gösteren 8 µm gözenek boyutlu filtreler yüksek basınca karşı direnç gösterememiş ve yırtılmıştır.

Dengeye ulaşan akı değerlerine bakacak olursak düşük basınçta elde edilen değerlerden farklılık göstermemesine rağmen filtrasyon süresi uzun tutulabilmiş ve daha fazla hacimde (400 mL) su süzülebilmiştir. Düşük basınçta filtrasyona oranla tıkanma çok sonra tespit edilmiştir.

KOİ-renk giderim değerleri ve akı değerleri gözönünde bulundurulursa yüksek basınçta karışım atıksuyunun süzülmesi için optimum filtre boyutu 0.45 µm olarak karar verilmiştir. 0.45 µm gözenek boyutlu filtre ile yapılan deney sonucu, ilk akı değerleri düşük basınçta gözlemlenen değerlerin 3 katına çıkararak 1.6 L/sec.m² olarak hesaplanmıştır. Karışım atıksuyunun 0.45 µm gözenek boyutlu filtre ile 3 bar basınçta filtrasyona tabi tutulması optimum görünmüştür. Fakat NF sırasında akı düşüşünü minimum indirmek ve önarılmış suyun kalitesini artırmak için 3 bar basınçta 0.45 µm gözenek boyutlu filtre ile süzülen karışım atıksuyunu UF testlerinden geçirmeye karar verilmiştir.

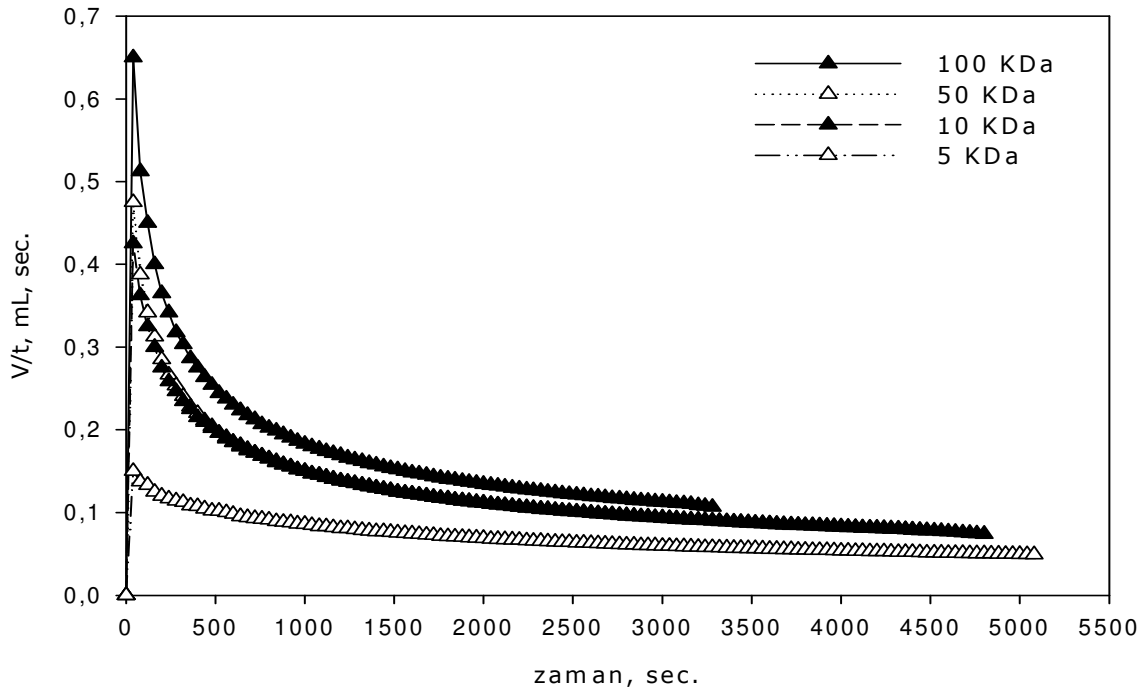
iii. UF Çalışmaları

UF testleri dört farklı gözenek boyutlu filtre kullanılarak (100, 50, 10, 5 kDa) yapılmıştır. Tablo 46 ardışık MF ve UF uygulanarak arıtılmış atıksu karakteristiklerini vermektedir. KOİ ve renk giderim değerleri %4-19 ve %62-78 olarak ölçülmüştür. Bu da arıtılmış atıksuyun 953-545 Pt-Co renk ve 856-719 mg/L KOİ değerlerine sahip olması anlamına gelmektedir. İletkenlik değerlerinde bir değişim gözlemlenmemiştir. KOİ ve renk giderim değerleri bakımından 4 farklı UF filtresi için de benzer bir eğilim görülmüştür. Şekil 36'da görüldüğü üzere, test edilen UF filtreleri arasında 100 kDa gözenek boyutlu filtre en yüksek akı değerleri sağlamıştır. Bu noktada MF (0.45 µm, P= 3 bar) ve UF (100 kDa, P = 4 bar) tekniklerinin karışım atıksuyunun üzerinde uygulanması optimum önarım şekli olarak görünmüştür

Tablo 46. MF+UF uygulamasından geçen karışım atıksuyunun karakteristikleri (P= 4 bar)

Filtre boyutu (kDa)	pH	İletkenlik (mS/cm)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk giderimi(%)	KOİ giderimi(%)
5	10.25	6.60	545	719	78	19

Filtre boyutu (kDa)	pH	İletkenlik (mS/cm)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk giderimi(%)	KOİ giderimi(%)
10	10.29	6.62	953	810	62	9
50	10.38	6.61	957	842	62	6
100	10.49	6.63	960	856	62	4



Şekil 36. UF uygulamasından geçen karışıma ait akı zaman değerleri

c. NF Sonuçları

NF deneyleri tek tip membran ve tek basınçta farklı iki set halinde denenmiştir. Setler nanofiltrasyona tabi tutulan atıksuyun ön arıtım şekli bakımından farklılık göstermektedir. Bunlar:

Set1: MF uygulamasından geçirilen karışım atıksuyu NF'e verilmiştir.

Set2: Ardışık MF ve UF uygulamalarından geçirilen karışım atıksuyu NF'e verilmiştir.

SET 1

Tablo 47 süzüntü suyu karakteristiklerini geri kullanım kriterleri baz alınarak vermektedir. Filtrasyon sonunda karışım atıksuyunun renk değeri 15 Pt-Co'a indirilmiştir. KOİ ve ilekenlik değerleri 20 mg/L ve 1700 µS/cm değerleri etrafında sabitlenmiştir. Bütün parametrelerde yüksek giderim değerleri elde edilmiştir. Fakat filtrasyon sonunda %53.51 (43.86 L/m²/h-temiz su akısı) akı geri kazanımı sağlanmıştır. Bu değer membranın büyük ölçüde tıkanıdığı anlamına gelmektedir. Membranın temiz su akı değerini artırmak amacıyla diğer bir deyişle filtrasyon öncesi sağladığı temiz su akısına ulaşması için membrana "total recycle" modda 30 dakika boyunca asit (HNO₃-pH 3)-baz (NaOH-pH 9) yıkaması uygulanmıştır. Bu yıkamanın amacı akı geri kazanımını artırmaktır. Yıkama sonucunda membranın temiz su akısında filtrasyon öncesi sağladığı temiz su akısına (81.97 L/m²/h) oranla %85.92 geri kazanım sağlanmıştır.

Tablo 47. Süzüntü suyu karakteristikleri

Operasyon süresi (dak)	pH	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	İletkenlik (µS/cm)	Renk giderimi (%)	KOİ giderimi (%)	İletkenlik giderimi (%)
15	10.10	22	14	1627	98	98.	74
30	10.12	20	13	1621	98	98	74
45	10.23	18	28	1639	98	95	74
60	9.98	17	22	1656	98	96	74
75	10.20	17	30	1662	98	95	74
90	10.23	16	28	1691	98.	95	74
105	10.18	16	35	1677	98	94	74
120	10.20	15	25	1711	98	96	74
135	10.22	15	21	1730	98	97	73

SET 2

Tablo 48 süzüntü suyu karakteristiklerini vermektedir. Filtrasyon sonunda karışım atıksuyunun renk değeri 15 Pt-Co'a indirilmiştir. KOİ ve ilekenlik değerleri 20 mg/L ve 1070 µS/cm değerleri etrafında sabitlenmiştir. Bütün parametrelerde yüksek giderim değerleri elde

edilmiştir. Filtrasyon sonunda %100 akı geri kazanımı sağlanmıştır. Bu membranın filtrasyon sonrası tıkanmadığını göstermektedir.

Tablo 48. Süzüntü suyu karakteristikleri

Operasyon süresi (dak)	pH	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Renk giderimi (%)	KOİ giderimi (%)	İletkenlik giderimi (%)
15	10.20	17	23	961	99	96	84
30	10.23	14	23	1023	99	96	84
45	10.23	13	24	1026	99	96	84
60	10.18	16	19	1030	99	97	84
75	10.22	18	31	1031	99	95	84
90	10.20	14	26	1041	99	96	84
105	10.21	15	18	1048	99	97	83
120	10.16	15	19	1072	99	97	83
135	10.19	15	24	1080	99	96	83

2 set halinde gerçekleştirilen NF deneylerinin sonuçları göz önüne alınınca MF önartımına tabi tutulmuş (Set2) atıksuya NF uygulamaya karar verilmiştir. Renk, KOİ ve iletkenlik giderimlerinde 2 set arasında çok fark olmamasına rağmen akı geri kazanımında Set2 daha yüksek değerler vermiştir.

3.3.2.7. Değerlendirme

Arıtılabilirlik çalışmaları kapsamında boyama hattına ait yıkama atıksularıyla yapılan bu çalışmalar boyama prosesinde yıkama sonucu oluşan atıksuyun yeniden kullanım olanaklarına imkan sağlamak amacıyla değerlendirilmiştir. Bu çalışma, planlanan membran filtrasyon öncesi yüksek renk ve KOİ değerlerine sahip olan atıksu için uygulanması zorunlu olan ön arıtım tekniğini belirleme ve bu aşamaya gelene kadar yapılan çalışmaları ve sonuçları kapsamıştır.

Her üç reçete ve karışım atıksuyu için ön arıtım teknikleri olarak;

- i. Koagülasyon
- ii.MF/UF denenmiştir.

Koagülasyon çalışmaları sonucunda en yüksek renk ve KOİ giderim değerleri her iki koagülan için de kontrolsüz pH koşullarında genelde yüksek koagülan konsantrasyonlarında (600-1000 mg/L) sağlanabilmiştir. Renk ve KOİ giderim değerlerini bu değerlerde tutmak için gereken koagülan konsantrasyonu fazla miktarda olup iki ana soruna yol açabilmektedir. Bu sorunlar kullanılması gereken kimyasal nedeniyle arıtma maliyetindeki artış ve işlem sonucunda oluşacak olan çamurun bertarafı için gereken teknoloji ve bunun neden olacağı işletme maliyeti olarak sıralanabilir. Bu nedenle koagülasyon tekniği boyama yıkama atıksuları ön arıtımı için uygun değildir.

MF çalışmalarında zamana karşı akı, renk ve KOİ giderim değerleri birlikte düşünülünce analiz edilen ve fabrikanın boyama hattının atıksuyunun özelliklerini yansıtan bu reçeteler için test edilen üç farklı filtre arasında en uygunu gözenek boyutu 0.45 µm olan filtre olarak belirlenmiştir. Uygulanması gereken basınç 3 bar olarak belirlenmiştir. Ardışık MF (0.45 µm) ve UF uygulamaları sonucunda 100 kDa gözenek boyutlu filtre sağladığı akı değerleri düşünülünce optimum olarak değerlendirilmiştir.

NF uygulamaları sonucunda indigo boyama yıkama atıksuları için optimum ön arıtım şekline karar verilmiştir. Çalışmanın sonucunda geri kullanım kriterlerini sağlayan “MF (0.45 µm-3 bar) ve NF 270” uygulaması indigo boyama yıkama atıksuları için optimum arıtma şekli olarak değerlendirilmiştir.

3.3.3. En Çok Uygulanan Üç Boyama Reçetesine Ait Karışım Atıksuyu ile Ozonlama Çalışmaları

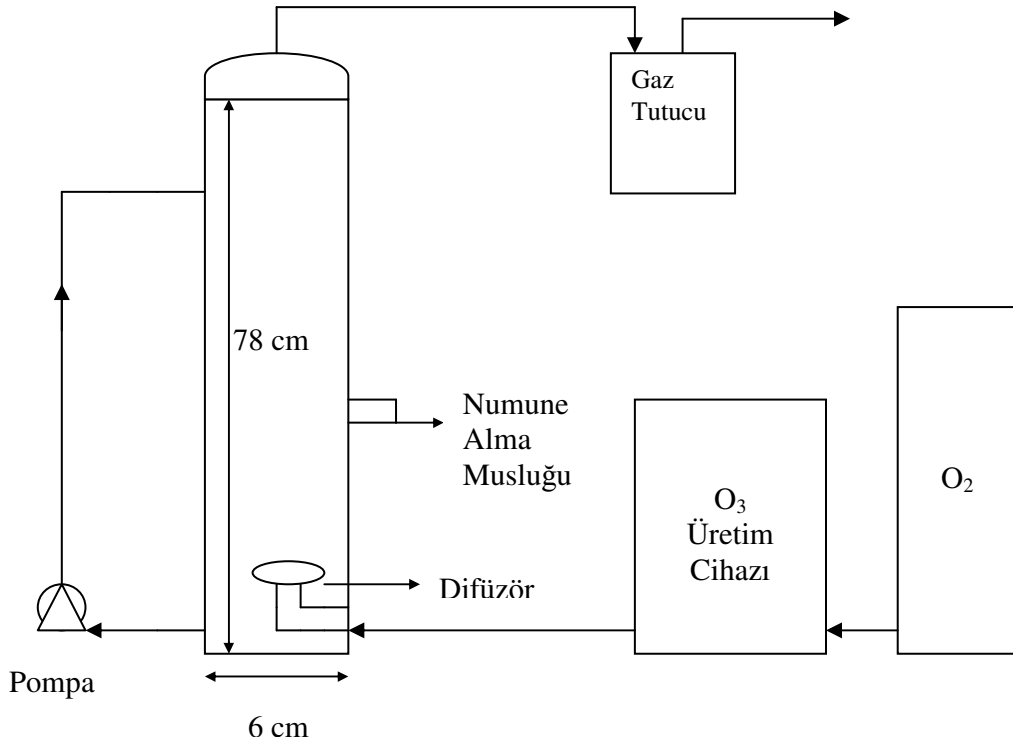
Fabrikada en yoğun olarak kullanılan üç boyama reçetesi sonucu oluşan atıksuların bire bir oranında karıştırılması ile elde edilen boyama prosesi karışım atıksuyu ile ozonlama çalışmaları yürütülmüştür. Karışım atıksuyuna ait renk, KOİ, pH ve iletkenlik değerleri Tablo 49’da verilmektedir. Atıksu geri kazanım çalışmaları devam ederken fabrika içi su kullanımı

optimizasyonuna yönelik çeşitli çalışmalar yürütüldüğü için farklı zamanlarda yürütülen membran ve ozonlama çalışmalarında kullanılan aynı boyama atıksuları farklı karakteristikler gösterebilmiştir.

Tablo 49. Boyama Prosesi Karışım Atıksuyu Karakteristiği

Parametre	Değer
Renk, Pt-Co	4560–6120
KOİ, mg/L	715–942
İletkenlik, mS/cm	6,91- 7,02
pH	9,06 – 9,28

Boyama atıksuları ile yürütülen ozonlama çalışmalarında, ozon üretim kapasitesi 4 g/saat olan WEDECO Modular 4 HC tipi ozonlama cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ile havadaki oksijen gazından elektrik akımı vasıtasıyla ozon gazı üretilmektedir. Üretilen ozon gazı ise reaktöre iletilmektedir. Ozonlama deneylerinde kullanılan reaktör Şekil 37’de verilmektedir.



Şekil 37. Ozonlama çalışmalarında kullanılan reaktör düzeneği

Sisteme verilen ozon dozu miktarı cihazın performans eğrilerinden elde edilmektedir. Reaktörde kullanılmayan ozon gazını ölçebilmek için ise reaktör çıkışına %2'lik potasyum iyodür çözeltisi içeren 400 mL'lik bir tüp konulmuştur. Kullanılmayan ozon gazının 400 mL hacmindeki bu tüpe ulaşmasıyla birlikte iyot açığa çıkar ve çözeltinin rengi sarıya dönüşür. Sonrasında, oluşan sarı renkli çözeltinin sodyum-3-sülfat ile titrasyonu sonucu kullanılmayan ozon gazı miktarı ölçülür. Aşağıda verilen formül ile kullanılmayan ozon gazı miktarı hesaplanmıştır.

$$O_3 \text{ (mg / dak)} = \frac{V_{S_2O_3^{2-}} \times N_{S_2O_3^{2-}} \text{ (eqg.L}^{-1}\text{)} \times 24 \text{ (g.eqg}^{-1}\text{)}}{t \text{ (dak)}}$$

Ozonlama çalışmaları kapsamında öncelikli olarak renk ve KOİ değerleri ölçülmüştür. Hedef, 2,07 V'luk oksidasyon potansiyeli ile güçlü bir oksidant olan ozon ile renk ve KOİ giderimi olarak belirlenmiştir. Bunların yanı sıra iletkenlik ve pH değerleri de ölçülmüştür.

Boyama prosesi atıksuyunda yapılan ozonlama çalışmalarında, öncelikli olarak optimum arıtım süresi ve optimum ozon dozu saptanmıştır. Optimum zaman ve doz belirlendikten sonra, atıksuya sülfürik asit (H₂SO₄) ve sodyum hidroksit (NaOH) ekleyerek değişik pH değerlerinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda ise hangi pH değerinde en iyi renk ve KOİ gideriminin gerçekleştirildiği saptanmıştır.

a. Optimum Ozon Dozu ve Arıtım Süresinin Belirlenmesi

Boyama prosesi atıksularının ozonlama yöntemi ile arıtımında en uygun ozon dozunu ne kadar süre uygulanması gerektiğini belirleyebilmek için çalışmalar yürütülmüştür. Optimum ozon dozunun belirlenmesinde, ozon kullanım oranı önemli bir parametredir. Ozon kullanım oranını belirleyebilmek için reaktör çıkışına kullanılmayan ozon miktarını ölçebilmek için %2'lik potasyum iyodür çözeltisi içeren gaz tutucu tüp yerleştirilmiştir.

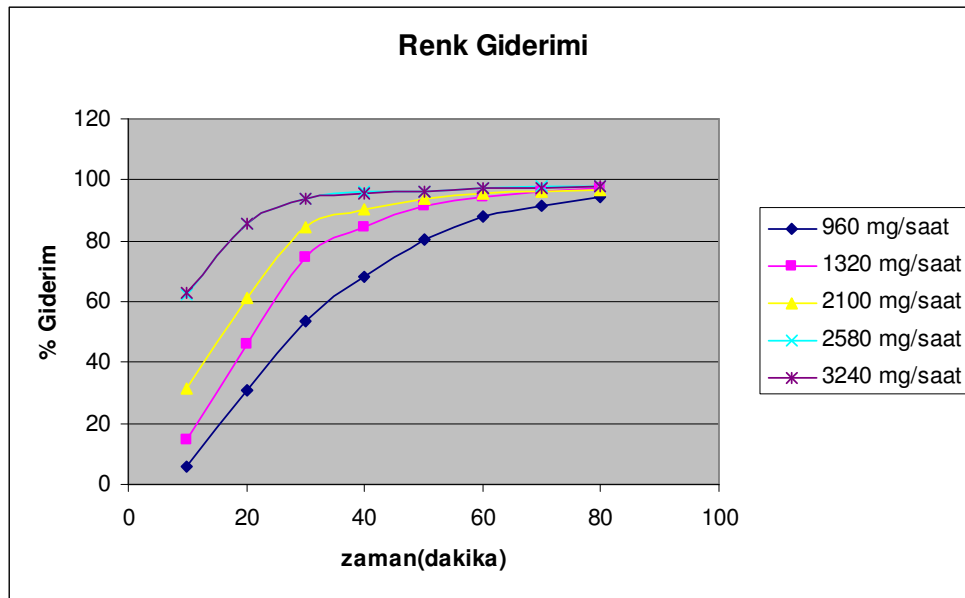
Boyama prosesi atıksuyu için optimum ozonlama süresi ve optimum ozon dozu belirlenmesi çalışmalarında 960 mg/saat, 1320 mg/saat, 2100 mg/saat, 2580 mg/saat ve 3240 mg/saat olmak üzere beş farklı dozda çalışmalar yapılmıştır. Her doz için 80 dakika boyunca

ozonlama işlemi uygulanmış olup on dakikalık aralıklarla 25 mL numune alınmıştır. Bu numunelerde KOİ, renk, pH ve iletkenlik değerleri analiz edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, renk ve KOİ değerlerinde görülen değişim aşağıdaki grafiklerde gösterilmektedir.

Renk Giderimi

Değişik dozlarda yapılan ozonlama deneyleri sonucunda, atıksuda % 94-98 arasında renk giderimi gözlemlenmiştir. Bu renk giderimi oranına yukarıda belirtildiği gibi 80 dakika ozonlama sonucu ulaşılmıştır.



Şekil 38. Boyama atıksuyunda ozonlama yöntemi ile renk giderimi

Şekil 38'den de görüldüğü gibi, ozon dozu arttığında renk gideriminde önemli bir değişiklik görülmemektedir. Bu noktada, kullanılan ozon miktarına bakıp, hangi dozun en uygun değer olduğunu belirlemek gerekmektedir.

Tablo 50. Boyama atıksuyundaki ozonlama çalışmalarında kullanılan ozon miktarı

Zaman (dakika)	960 mg/saat	1320 mg/saat	2100 mg/saat	2580 mg/saat	3240 mg/saat
10	156,64	213,28	309,68	356,08	443,04
20	298,40	368,96	500,80	570,08	779,52
30	399,36	477,60	639,60	729,84	1054,08
40	490,72	587,20	785,60	886,24	1345,92
50	562,88	672,32	937,36	1032,56	1629,12
60	624,00	775,20	1081,44	1127,04	1912,80
70	690,88	858,88	1150,64	1216,24	2101,44
80	749,60	935,36	1196,80	1270,40	2285,76

Tablo 50’de verilen değerler, kümülatif değerler olup, sisteme verilen ozon dozundan kullanılmayan ozon miktarının çıkarılmasıyla elde edilmiştir. Verilen ozon miktarı, cihazın performans eğrisinden okunan değerdir.

Kullanılan Ozon Dozu (mg/dk) = Verilen Ozon Dozu (mg/dk) – Kullanılmayan Ozon (mg/dk)

Kullanılan Ozon Miktarı = Kullanılan Ozon Dozu (mg/dk)* zaman

Daha önceden de belirtildiği gibi optimum ozon dozunun belirlenmesinde ozon kullanım oranı önemli bir parametredir. Çalışılan beş farklı doz için elde edilen ozon kullanım oranları Tablo 51’de verilmektedir.

Tablo 51. Beş farklı dozdaki ozon kullanım oranları

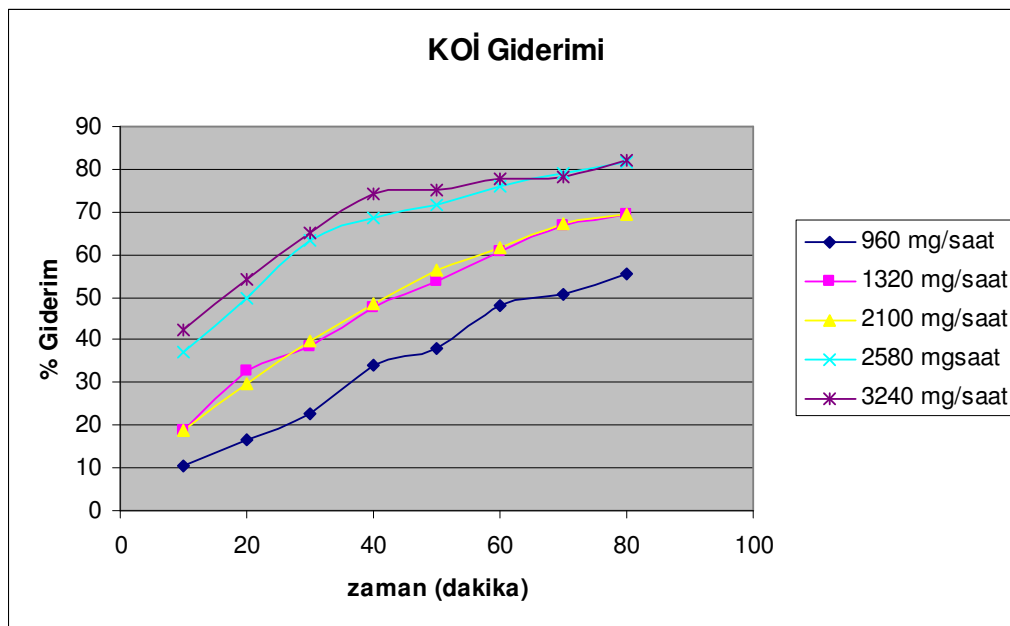
Zaman (dakika)	960 mg/saat Ozon kullanımı(%)	1320 mg/saat Ozon kullanımı(%)	2100 mg/saat Ozon kullanımı(%)	2580 mg/saat Ozon kullanımı(%)	3240 mg/saat Ozon kullanımı(%)
10	97,90	96,95	88,48	82,81	82,04
20	93,25	83,85	71,54	66,29	72,18
30	83,20	72,36	60,91	56,58	65,07
40	76,68	66,73	56,11	51,53	62,31
50	70,36	61,12	53,56	48,03	60,34
60	65,00	58,73	51,50	43,68	59,04

Zaman (dakika)	960 mg/saat Ozon kullanımı(%)	1320 mg/saat Ozon kullanımı(%)	2100 mg/saat Ozon kullanımı(%)	2580 mg/saat Ozon kullanımı(%)	3240 mg/saat Ozon kullanımı(%)
70	61,69	55,77	46,96	40,41	55,59
80	58,56	53,15	42,74	36,93	52,91

Hem kullanılan ozon miktarı hem de renk giderimi değerlerine bakıldığında, 1320 mg/saat dozu, kullanılan ozon dozuna göre elde edilen renk giderimi değerlerine göre en uygun doz olarak görünmektedir. Fakat bu dozun en uygun doz olup olmadığını söyleyebilmek için KOİ giderimi değerlerine de bakmak gerekmektedir.

KOİ Giderimi

Boyama prosesi atıksuyunda yapılan deneyler sonucu, beş farklı doz çalışması neticesinde KOİ giderimi değerlerinde elde edilen sonuç Şekil 39'da gösterilmektedir. Grafiğin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, ozon, KOİ gideriminde renk giderimine nazaran daha az etkilidir. Boya moleküllerinin ozon tarafından parçalanması sonucu aldehit ve keton gibi yeni organiklerin oluşması ve buna paralel olarak açığa çıkan bu organiklerin de KOİ değerini yükseltmesi, KOİ gideriminin renk giderimine göre daha düşük olmasının sebebi olarak gösterilebilir.



Şekil 39. boyama atıksuyunda ozonlama yöntemi ile KOİ giderimi

Beş farklı ozon dozundaki KOİ giderimi sonuçlarına bakıldığı zaman, düşük ozon dozlarında az miktarda KOİ giderimi görülürken, ozon dozu arttırıldığı zaman KOİ gideriminde de bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Renk giderimi sonuçlarına baktığımız zaman optimum doz 1320 mg/saat olarak belirlenmişti. KOİ giderimi açısından ise verilen ozon miktarı dikkate alındığında saatte 1320 mg olarak verilen ozon dozu diğer dozlara göre daha uygun görülmektedir. 2580 mg/saat ve 3240 mg/saat ozon dozlarında daha yüksek KOİ giderimi görülmesine rağmen, harcanan ozon miktarı göz önünde bulundurulduğunda bu iki doz değerinde daha fazla ozonun kullanıldığı görülmektedir.

Bu durumu, giderilen KOİ başına kullanılan ozon miktarı oranıyla gösterebiliriz.

Tablo 52. Boyama atıksuyunda kullanılan ozon/giderilen KOİ oranı

Zaman(dak)	960	1320	2100	2580	3240
	(mg/saat)	(mg/saat)	(mg/saat)	(mg/saat)	(mg/saat)
	(mg/L O ₃)/ (mg/L KOİ)	(mg/L O ₃)/ (mg/L KOİ)	(mg/L O ₃)/ (mg/L KOİ)	(mg/L O ₃)/ (mg/L KOİ)	(mg/L O ₃)/ (mg/L KOİ)
10	2,21	1,49	2,31	1,34	1,37
20	2,64	1,47	2,35	1,59	1,89
30	2,58	1,62	2,24	1,60	2,11
40	2,12	1,62	2,26	1,80	2,37
50	2,16	1,64	2,32	2,00	2,84
60	1,90	1,67	2,46	2,07	3,22
70	2,00	1,69	2,39	2,14	3,53
80	1,97	1,76	2,41	2,17	3,64

Tablo 52'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, 1320 mg/saat dozda birim KOİ başına kullanılan birim ozon miktarı daha düşüktür. Kullanılan ozon miktarları da göz önünde bulundurulduğunda saatte 1320 mg olan dozun, diğer dozlara göre daha uygun olduğu görülmektedir.

Boyama atıksuyu için optimum doz belirlenmesinin yanı sıra optimum arıtma süresinin kaç dakika olduğu ozonlama çalışmaları kapsamında belirlenmiştir.

Her doz için yapılan 80 dakikalık ozonlama deneyleri sonucunda hem renk giderimi hem de KOİ giderimi için elde edilen grafikler incelendiğinde 60 dakikalık ozonlama süresinden sonra, giderim değerlerinde gözle görülür herhangi bir değişim olmadığı göze çarpmaktadır. Boyama prosesi atıksuyunda renk ve KOİ parametrelerindeki değişimler Tablo 53'de sunulmaktadır.

Tablo 53. Boyama atıksuyunda ozonlama yöntemiyle renk ve KOİ yüzde giderimler

Zaman (dak)	960		1320		2100		2580		3240	
	mg/saat		mg/saat		mg/saat		mg/saat		mg/saat	
	Renk	KOİ	Renk	KOİ	Renk	KOİ	Renk	KOİ	Renk	KOİ
10	5,56	10,36	14,62	18,72	31,36	18,74	62,55	37,07	63,05	42,28
20	30,59	16,50	46,19	32,85	61,07	29,79	85,75	49,83	85,39	53,99
30	53,74	22,63	74,79	38,48	84,34	39,86	93,92	63,41	93,86	65,25
40	68,16	33,87	84,41	47,51	90,34	48,53	95,91	68,43	95,81	74,35
50	80,52	37,96	91,72	53,80	93,85	56,50	96,37	71,85	96,01	75,13
60	87,89	47,88	94,66	60,93	95,37	61,47	97,26	75,82	97,26	77,81
70	91,57	50,51	95,96	66,69	96,05	67,27	97,66	79,23	97,46	78,01
80	94,08	55,47	97,11	69,57	96,75	69,51	97,88	81,60	97,79	82,20

Boyama prosesi atıksuyunda optimum doz ve optimum arıtım süresi belirlenmesi çalışmalarında iletkenlik ve pH değerleri de ölçülmüştür.

Boyama atıksuyunda ozonlama süresi boyunca iletkenlik değerlerinde herhangi bir değişim görülmemiştir; ancak, pH değerlerinde çok az miktar düşüş gözlemlenmiştir. Başlangıçta 9,06-9,28 aralığında olan pH değeri, 8,31- 8,53 değer aralığına kadar düşmüştür.

Ozonlama ile renk gideriminde önemli miktarda arıtım sağlanmasına rağmen iletkenlikte herhangi bir değişimin olmaması, ozonlama yöntemi ile boyama prosesi atıksuyunun geri kazanımının mümkün olmadığını göstermektedir.

Boyama prosesi atıksuyunda optimum ozon dozu ve optimum ozonlama süresi belirleme çalışmaları kapsamında yapılan deneyler sonucunda, 1320 mg/saat ozon dozu optimum doz;

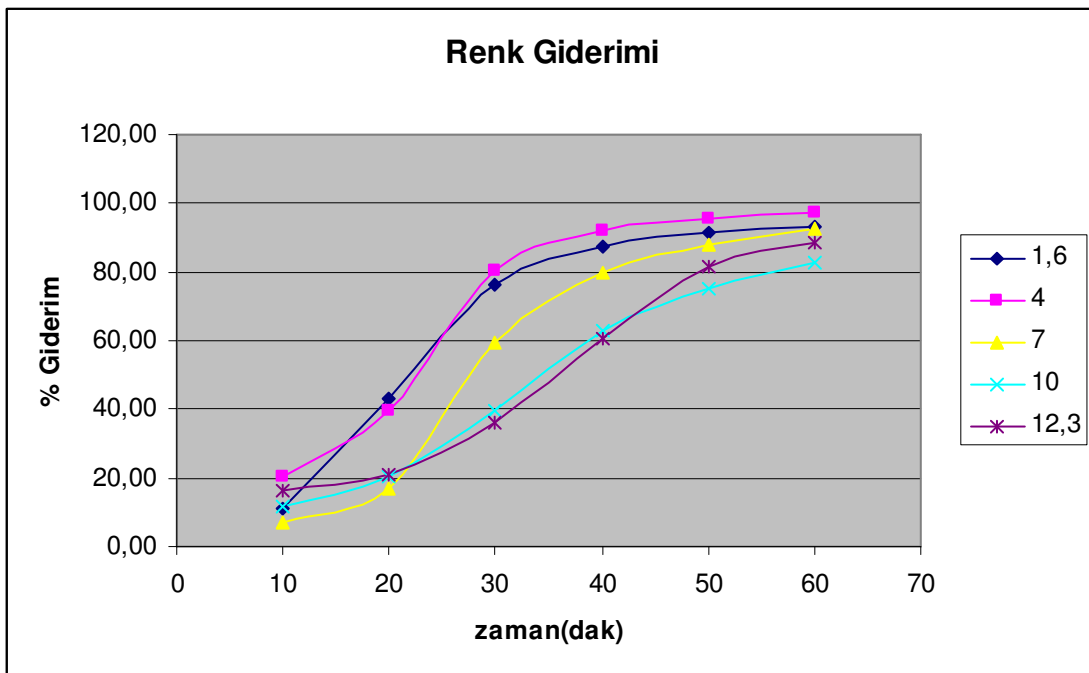
60 dakika ozonlama süresi ise optimum artım süresi olarak belirlenmiştir. Saptanan bu değerler çerçevesinde, boyama atıksuyunun renk değerinde yaklaşık olarak %95, KOİ değerinde ise %60 oranında bir artım sağlanmıştır. Bu değerler literatürdeki birçok ozonlama çalışmalarında da ortaya çıkan değerlerdir. Ozonlama yöntemi ile atıksuyun geri kazanımının gerçekleşmemesi ise yine literatürdeki birçok araştırmaya göre beklenen bir sonuçtur.

b. Boyama Prosesi Atıksuyunda pH Etkisi

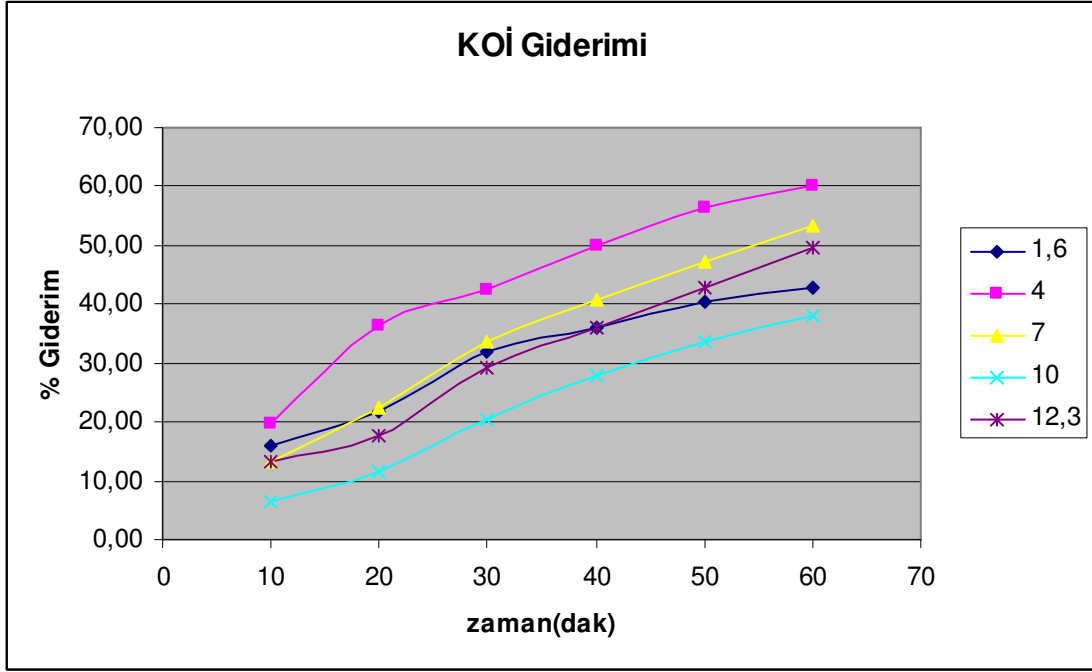
Boyama prosesi atıksuyunda asiditenin etkisini inceleyebilmek için atıksuya sülfürik asit (H_2SO_4) ve sodyum hidroksit (NaOH) eklemek vasıtasıyla değişik pH değerleri elde edilip, bu pH değerlerinde ozonlama çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar esnasında pH değerinin sabit kalabilmesi için fosfat tampon çözeltileri kullanılmıştır.

pH etkisini belirleyebilmek için yapılan ozonlama çalışmalarında daha önceden boyama prosesi atıksuyu için belirlenen optimum ozon dozu olan 1320 mg/saat optimum artım süresi olan 60 dakika boyunca uygulanmıştır.

Yapılan çalışmalar neticesinde renk ve KOİ giderimi Şekil 40 ve 41’de verilmektedir.



Şekil 40. Boyama prosesi atıksuyunda değişik pH değerlerinde renk giderimi



Şekil 41. Boyama prosesi atıksuyunda değişik pH değerlerinde KOİ giderimi

Sulu ortamda ozon, bir maddeyi, direkt oksidasyon veya dolaylı oksidasyon mekanizmasıyla, veya bu iki mekanizmayı birlikte kullanıp parçalayabilir.

- Direkt Oksidasyon: Moleküler Ozonun Maddeyi Direkt Olarak Oksitlemesi
- Dolaylı Oksidasyon: Moleküler ozonun bozularak OH⁻ serbest radikalleri oluşturması ve oksitlemeyi bu radikallerin yapması

Asidik ortamlarda direkt oksidasyon mekanizması; yüksek pH değerlerinde ise dolaylı oksidasyon mekanizması baskındır (Alternative Disinfectants and Oxidants, EPA, 1999).

Bu bilgi dahilinde yukarıdaki grafikler incelendiğinde hem renk gideriminde hem de KOİ gideriminde pH 4 değerinde en iyi arıtım değerlerine ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra, 10 ve 12,3 gibi yüksek pH değerlerinde ise boyama prosesi atıksuyunda arıtım verimi düşmektedir. Bu durum boyama atıksuyunda direkt oksidasyon mekanizmasının daha baskın olduğunu göstermektedir.

3.3.4. Boyama Atıksuyu ile Fenton Çalışmaları

Boyama hattı atıksularının ayrı olarak arıtılarak fabrikada yeniden kullanımına yönelik bir arıtma alternatifi olarak Fenton uygulaması çalışmaları da yürütülmüştür.

Deneyleerde, genel olarak aşağıda belirtilen Fenton oksidasyon yöntemi uygulanmıştır.

1) Deneyleerden önce atıksu numune sıcaklığı 23°C'ye ayarlanmıştır.

2) 200'er mL atıksu numuneleri 1000 mL hacimli cam beherlere konulup istenen deney başlangıç pH değerleri sülfirik asit (H₂SO₄) ile ayarlanmıştır.

3) Gerekli Fe⁺² dozunu sağlayacak kadar FeSO₄.7H₂O katı olarak veya çözelti halinde eklenmiştir.

4) H₂O₂ çözeltisi eklenerek Jar Test cihazında hızlı karıştırma (100 rpm) ile Fenton reaksiyonu başlatılmıştır.

5) Belirlenen reaksiyon süresi sonunda Jar test cihazı kapatılarak numune pH'ları NaOH çözeltisi ile 7.2'ye yükseltilerek oksidasyon sonlandırılmıştır. Koagülasyon amacıyla bir süre yavaş karıştırma (30 rpm) yapıldıktan sonra numuneler dereceli silindirlere aktararak sedimentasyona bırakılmıştır. Reaksiyon süresi, reaksiyon sırasında gözlenen kaynama ve kabarmanın sona erdiği zaman dilimi olarak belirlenmiştir.

KOİ ve renk analizleri sedimentasyon sonucu flokların çökmesiyle üst kısımda oluşan duru fazdan alınan numunelerde gerçekleştirilmiştir.

Fenton reaksiyonu için Merck KgaA (Darmstadt, Germany) ürünü demir (II) sülfat (FeSO₄ x 7H₂O) (%20,1 Fe) ve %35 (w/w)'lik hidrojen peroksit (H₂O₂) kimyasalları kullanılmıştır. pH ayarlamaları için 5 N, 1 N ve 0.5 N NaOH çözeltileri ile 1 N H₂SO₄ çözeltisi kullanılmıştır. Demirsülfat stok çözeltisi, NaOH ve H₂SO₄ çözeltileri, kontaminasyonu engellemek için her deneyden önce günlük olarak hazırlanmıştır.

a. Yöntem

Boyamadan alınan atıksu numunesinin pH değeri, literatürde Fenton oksidasyonu için uygun görülen aralıkta bulunan, 4 değerine getirildikten sonra numunelere $Fe^{+2}:H_2O_2$ kütleli oranı 1:1 olacak şekilde 500 mg/L – 5000 mg/L aralığında değişen konsantrasyonlarda demir sülfat ve H_2O_2 dozlanmıştır. Deneylerden önce atıksu numune sıcaklığı $23^{\circ}C$ 'ye ayarlanmıştır. Demir (II) sülfat reaktörlere katı halde eklenmiş ve hidrojen peroksitin eklenmesinden sonra 1 saat boyunca 100 rpm'de hızlı karıştırma yapılmıştır. Reaksiyon sonunda pH ayarlaması yapılmış ve sonra 30 dakika boyunca 30 rpm'de yavaş karıştırma uygulanmıştır. Reaktör içerikleri, oluşan floklara zarar verilmeden, 250 mL hacimli dereceli silindirlere aktarılarak 4 saat çökelmeye bırakılmıştır. Sedimentasyon sonucunda flokların çökmesiyle oluşan duru fazdan alınan numunelerde yapılan analizlerle KOİ ve renk giderim verimleri hesaplanmıştır.

b. Bulgular

Deneyde kullanılan atıksu numunesinin karakterizasyonu ve elde edilen deney sonuçları, sırasıyla, Tablo 54 ve Tablo 55'te verilmektedir. Sabit $Fe^{+2}:H_2O_2$ oranında artan dozlarla KOİ ve renk giderimleri de artmış, uygulanan en yüksek doz olan 5 g/L değeri için giderim verimleri sırasıyla, %87 ve %98 değerlerine ulaşmıştır. Buna rağmen, BTTG tarafından öngörülen yeniden kullanım kriterlerine ulaşmak mümkün olamamıştır. Kaldı ki, 2 g/L üzerindeki dozlarda reaktör hacminin %50'si kadar, çöken demirden kaynaklı, çamur oluştuğu gözlenmiştir. Dolayısıyla, gerek yeniden kullanım kriterlerinin sağlanamaması gerekse yüksek miktarda çamur oluşumunun söz konusu olması nedeniyle, bu atıksular için Fenton uygulaması uygun bulunmamış ve çalışma sonlandırılmıştır.

Tablo 54. Boyama hattı atıksuyu numune özellikleri

Parametre	Birim	Değer
pH	-	13.00
KOİ	mg/L	2463
Renk	Pt-Co	15670

Tablo 55. Boyama hattı atıksuyu için fenton oksidasyonu ile elde edilen KOİ ve renk giderimi

Fe²⁺:H₂O₂ 1:1 (mg/L:mg/L)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk Giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)
500	5490	1557	65	37
1000	1710	1026	89	58
2000	824	575	95	77
3000	606	404	96	84
4000	371	355	98	86
5000	308	328	98	87

3.4. Tesis Atıksuyu Arıtılabilirlik Çalışmaları

Bu başlık altında verilecek olan çalışmalar dokuz grup altında toplanacaktır:

1. Tesise ait toplam atıksuyun geri kullanım amaçlı biyolojik arıtılabilirliğine yönelik çalışmalar
2. Membran biyoreaktör çalışmaları
3. Tesis İçi Önlemler Alınmadan Önceki Tesis Atıksuyu ile Ozonlama Çalışmaları
4. Tesis İçi Önlemler Alındıktan Sonraki Tesis Atıksuyunda Ozonlama Çalışmaları
5. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunda Ozonlama Çalışmaları
6. Fabrika Çıkış Atıksuyuna Fenton Uygulaması
7. Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularına Fenton Uygulaması – Yeniden kullanılabilirliğin değerlendirilmesi
8. Farklı Tarihlerde Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyundan Alınan Numunelere Fenton ve Mikrofiltrasyon Uygulaması
9. Atıksu Biyolojik Parçalanabilirlik Deneyleri

3.4.1. Tesise Ait Toplam Atıksuyun Geri Kullanım Amaçlı Biyolojik Arıtılabilirliğine Yönelik Çalışmalar

Tekstil sektörü, su kullanımının çok fazla dolayısıyla atık su üretiminin yüksek olduğu bir endüstridir. Bu sektörde büyük miktarda su kullanımının yanında, kimyasal madde kullanımı ve çeşitliliği de oldukça fazladır, dolayısıyla oluşan atık suyun içeriği oldukça değişkendir.

İşletmede, kuyudan çekilerek üretimde ve binalarda kullanılan suyun bir kısmı işletmenin arıtma tesisine bir kısmı da kanalizasyon sistemine gönderilmektedir. İndigo boyama, terbiye ve sanfor kısımlarından çıkan atıksu işletmenin atıksu arıtma tesisine gönderilmektedir.

İşletmede oluşan atıksu, işletmenin atıksu arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra kanalizasyon sistemine verilmektedir. Atıksu arıtma tesisi atıksuyu kanalizasyon sistemine vermeden önce bir ön arıtım gibi davranmaktadır. Tesiste biyolojik yolla arıtım yapan ve kapasitesi 3600 m³/gün olan aktif çamur tipi bir atıksu arıtma tesisi mevcuttur. Kanalizasyon sistemine atıksu verilebilmesi için işletmenin sağlaması gereken kriterler Tablo 56'da belirtilmektedir. Tablo 57'de ise arıtma tesisi tasarım parametreleri verilmektedir.

Tablo 56. Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi kanalizasyon deşarj kriterleri

Parametre	Birim	Arıtılmış Su Çıkış Değerleri
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/L	250
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	800
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	350
Toplam azot	mg/L	40
Toplam fosfor	mg/L	10
Yağ ve gres	mg/L	100
Sülfür	mg/L	2
Fenol	mg/L	10
pH	-	6-10

Tablo 57. Atıksu arıtma tesisi tasarım kriterleri

Parametre	Birim	Arıtma Tesisi Giriş Değerleri
Atıksu miktarı	m ³ /gün	3600
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/L	1100
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	2800
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	430
Amonyum azotu	mg/L	3.2
Serbest klor	mg/L	< 0.3
Toplam krom	mg/L	< 0.5
Sülfür	mg/L	< 2
Sülfit	mg/L	< 1
Fenol	mg/L	< 1
pH	-	11-12

Tesisten çıkan atıksular bir ön arıtım niteliğinde olan atıksu arıtma tesisine gönderilmekte ve arıtılmış çıkış suyu, Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi kanalizasyon deşarj kriterlerine (Tablo 56) uygun olarak deşarj edilmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalarda aerobik şartlarda renk arıtım performansının düşük olduğu vurgulanmakta (Sandhya vd., 2005; Walker ve Weartherley, 1999; Alinsafi vd., 2006), anaerobik (Georgiou vd., 2005; Slokar vd., 1998; Georgiou ve Aivasidis, 2006) veya fiziko-kimyasal yöntemlerin (Stanislaw vd., 1999; Capar vd., 2006a,b; Bes-Pia vd., 2003) kullanılması önerilmektedir. Fakat, fiziko-kimyasal yöntemler yalnız başına mevcut kalite kriter parametrelerini sağlayamamakta ve gerek kimyasal kullanımı ve gerekse oluşan yüksek miktardaki çamurdan dolayı beklentileri karşılayamamaktadır. Aktif çamur sisteminde her ne kadar renk giderim verimi düşük olsa da, yüksek verimde organik madde giderimi elde edilebilmesi ve fiziko-kimyasal yöntemlere göre daha ekonomik olması nedeniyle tercih edilmektedir. Renk artımı için, biyolojik arıtma sonrası fiziko-kimyasal bir arıtım uygulanması seçeneğinin, tek başına fiziko-kimyasal arıtım uygulamasından daha ekonomik olduğu bilinmektedir. Orhon vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada, iki farklı denim endüstrisi atıksu karakterizasyonu yapılarak, KOİ fraksiyonları belirlenmiştir. Bu çalışmada, denim atıksuyuna ait KOİ nin %90'nın aerobik olarak parçalanabileceği ve KOİ'nin büyük kısmının (%55-60) çözülmüş yavaş parçalanan KOİ olduğu rapor edilmiştir.

Aktif çamur tesislerinin renk giderim verimini artırmak amacıyla, havalandırma havuzlarına çeşitli kimyasal maddeler ilave edilebilmektedir. Bu bağlamda, Pala ve Tokat (2002), KOİ si 400-600 mg/L olan ve pamuk işleyen bir tekstil endüstrisi atıksuyunun aktif çamur ünitesi ile arıtımını çalışmış ve renk giderim verimini artırmak amacı ile havalandırma havuzuna farklı konsantrasyonlarda toz aktif karbon, bentonit ve kil ilave etmişlerdir. Herhangi bir kimyasal ilave edilmeden KOİ ve renk giderim verimi sırasıyla %94 ve %36 olarak bulunmuştur. Bu değerlerden anlaşılacağı üzere, yüksek KOİ giderimi elde edilmesine rağmen, renk giderim verimi düşük olmuştur. Bu çalışmada, asıl giderim mekanizmasının adsorpsiyon olduğu vurgulanmış ve sisteme ilave edilen sentetik organik flokülant veya aktif karbon ile renk giderim verimi %86'ya kadar yükseltilmiştir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, tesiste halihazırda bulunan aktif çamur sistemi deşarj kriterlerini sağlayabilmektedir. Ancak, Tablo 56'dan görüldüğü gibi, bu kriterler arasında renk bir parametre değildir. Halihazırda tesisin böyle bir gereksinimi olmasa da BREF Tekstil Dokümanı ve İngiliz Tekstil Teknoloji Grubu'nun suyun yeniden kullanımı kriterleri (Tablo 10) referans alındığında renk göz önüne alınması gereken bir parametredir. Benzer şekilde göz önüne alınması gereken bir diğer önemli parametre de iletkenliktir. Bu bağlamda, proje çalışmasının bu bölümünde, tesis toplam atıksuyununun gerek BREF Tekstil Dokümanına uyumlu bir şekilde arıtılması gerekse arıtılmış atıksuyun geri kullanımının araştırılması hedeflenmiştir. Bu hedefe yönelik olarak, öncelikle atıksuyun detaylı biyolojik arıtılabilirliğinin çalışılması, mevcut sisteme ait verimin, mümkünse, iyileştirilmesine yönelik çalışmalar ve daha sonra atıksuyun arıtım sonrası geri kullanıma yönelik ilave fiziko-kimyasal arıtım alternatiflerinin araştırılması planlanmıştır.

3.4.1.1. Yöntem

a. Aşı Çamuru

Biyoreaktör için aşı çamuru, işletmeye ait tesisten getirilmiştir. Ancak, olası farklı mikrobiyal seleksiyona izin verebilmek adına ODTÜ Atıksu Arıtma Tesisi'nden alınan çamur da aşuya yaklaşık 1/3 (MLVSS bazında) oranında karıştırılmıştır.

b. Atıksu

Biyolojik çalışmalar için işletmeye ait arıtma tesisinden atıksu getirilmiş ve biyoreaktör (Şekil 42) gerçek atıksu ile beslenmiştir. Tablo 58’de atıksuya ait karakterizasyon sonuçları sunulmuştur. Görüldüğü gibi atıksu yüksek miktarda organik karbon içermekte olup, %70 kadarı çözülmüş haldedir. KOİ/N oranı 134 olup, atıksuyun biyolojik arıtımı için azot ve fosfor ilavesi gerekmektedir. Bu amaçla, biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarında KOİ/N/P oranı yaklaşık 100/5/1.5 olacak şekilde, NH₄Cl ve KH₂PO₄ ilave edilmiştir. Ayrıca, biyoreaktöre giriş pH’sı 7-8 olacak şekilde H₂SO₄ ilavesi yapılmıştır. Tablo 57 ve 58’den görüldüğü gibi, tasarım için kabul edilen KOİ değeri (2800 mg/L) ile ölçüm değeri (2680 mg/L) birbirleriyle oldukça uyumludur.

Tablo 58. Tesise ait arıtma tesine gelen atıksuyun özellikleri

Parametre	Birim	Konsantrasyon
Toplam KOİ	mg/L	2680±100
Çözülmüş KOİ	mg/L	1866±40
Renk	Pt-co	2730±125
Toplam Azot	mg N/L	20±3
NH ₄ -N	mg N/L	3.5±0.5
Toplam P	mg/L	0-3 mg/L
pH	-	12-13
İletkenlik	ms/cm	

c. Biyoreaktör ve Deneyler

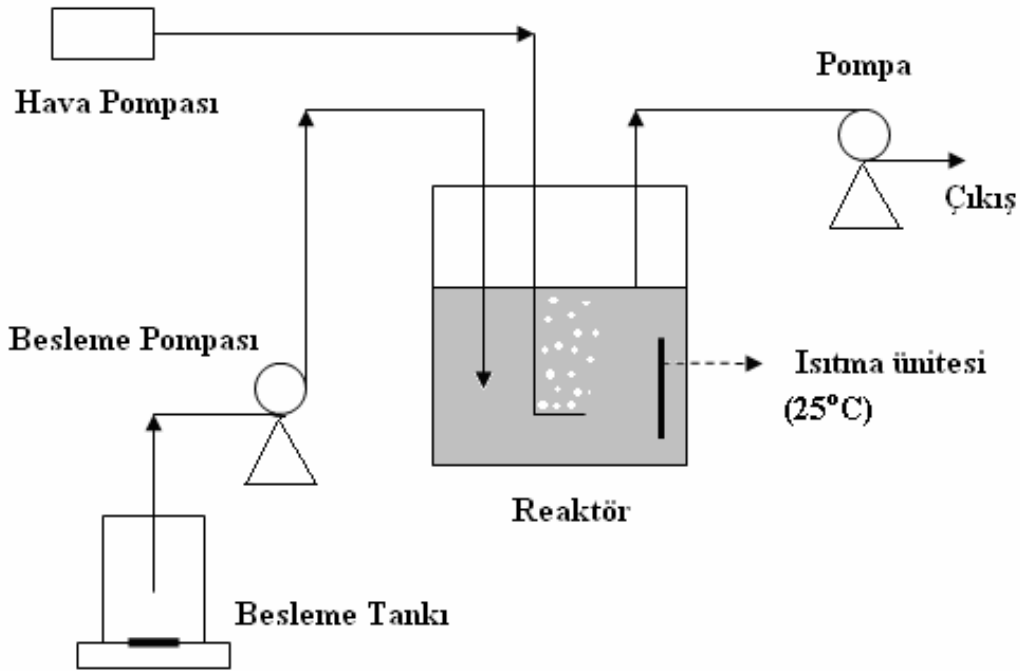
Biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarında geri devirsiz aktif çamur sistemi kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan reaktördeki toplam su hacmi 10 L olup atıksu giriş ve çıkışı için iki adet pompa kullanılmıştır (Şekil 42). Atıksu debisi hidrolik bekleme zamanı (HRT) 7 gün olacak şekilde ayarlanmış ve besleme süresince çökelmeyi engellemek amacıyla besleme tankı sürekli karıştırılmıştır. Reaktör bir hava motoru yardımıyla havalandırılmakta ve aynı zamanda karışımı sağlanmaktadır. Reaktördeki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun her zaman 4 mg/L’nin üzerinde ölçülmüştür.

Mikroorganizmaların atıksuya alışmasını sağlamak amacıyla, atıksu önce 4 kat, daha sonra 2 kat seyreltilerek besleme yapılmış, son aşamada ise seyreltme yapılmadan besleme yapılmıştır. Reaktör giriş ve çıkışından haftada 2-3 defa numune alınarak KOİ ve renk ölçülmüştür. Ayrıca pH, çözülmüş oksijen ve iletkenlik ölçümleri doğrudan havalandırma tankında ölçülmüştür.

Gözlenen dönüşüm katsayısı (Y_{obs}) ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Y = X/(S_o-S)$$

Burada X aktif çamur ünitesinde mg MLVSS/L olarak biyokütle konsantrasyonu, S_o ve S ise sırasıyla girişte toplam KOİ ve çıkışta çözülmüş KOİ'dir.



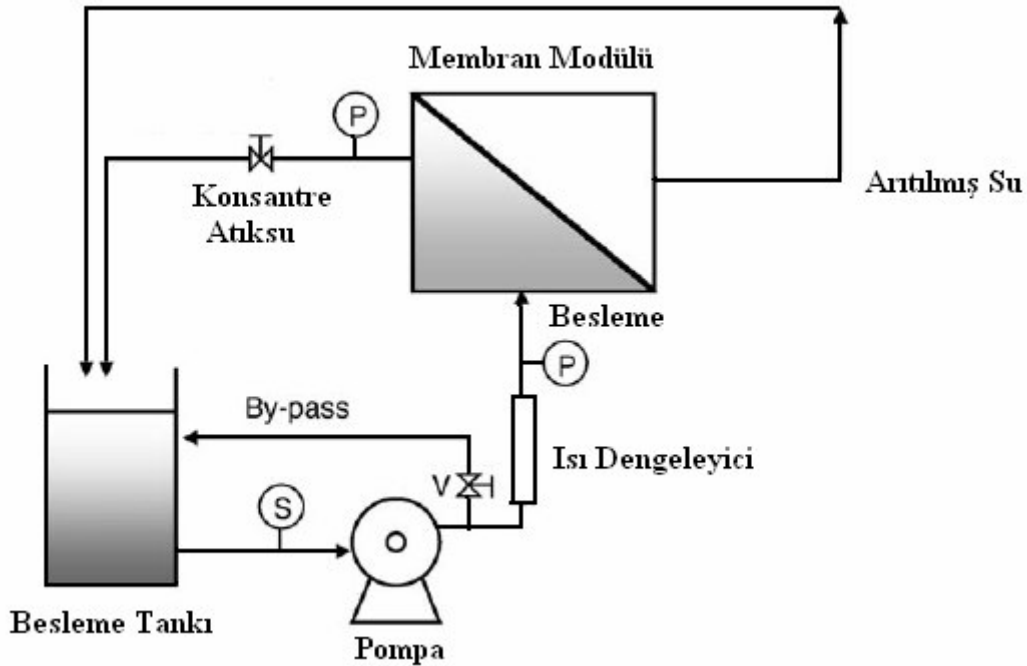
Şekil 42. Biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarında kullanılan aktif çamur reaktörü

d. Membran Filtrasyon

Biyolojik olarak arıtılmış atıksu, aktif çamur ünitesi çıkışından üç farklı zamanda toplanmıştır. Biyoreaktör çıkışından toplanan atıksular 1 saat süreyle çöktürülerek aktif çamur

ünitesine ait çökeltme tankı simüle edilmiştir. Daha sonra, çökeltilen atıksular sonlu mikrofiltrasyon (MF) prosesi ile süzülerek nanofiltrasyon (NF) öncesi bir ön arıtım yapılmış ve kaba partiküller giderilmiştir. Toplanan ve mikrofiltrasyondan geçirilen atıksular, NF deneyleri öncesi 4°C’de muhafaza edilmiştir.

NF deneyleri Şekil 43’te gösterilen çapraz akımlı, dairesel düz membran ile donatılmış NF (DSS LabStak M20) ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Toplam membran yüzey alanı 0.036 m²’dir. Deneylerde NF270 membranı kullanılmış olup, bu membran piperazine ve benzenetricarbonyl trichloride den üretilmiş negatif yüklü hidrofobik bir membrandır. NF270 membranı (Dow Filmtec, USA) ile yapılan NF deneyleri 5,07 bar basınç altında ve 18±2°C’de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 43. NF deneylerinde kullanılan sistemin şematik gösterimi
(Çapar vd. (2006)'den uyarlanmıştır)

e. Analitik Metotlar

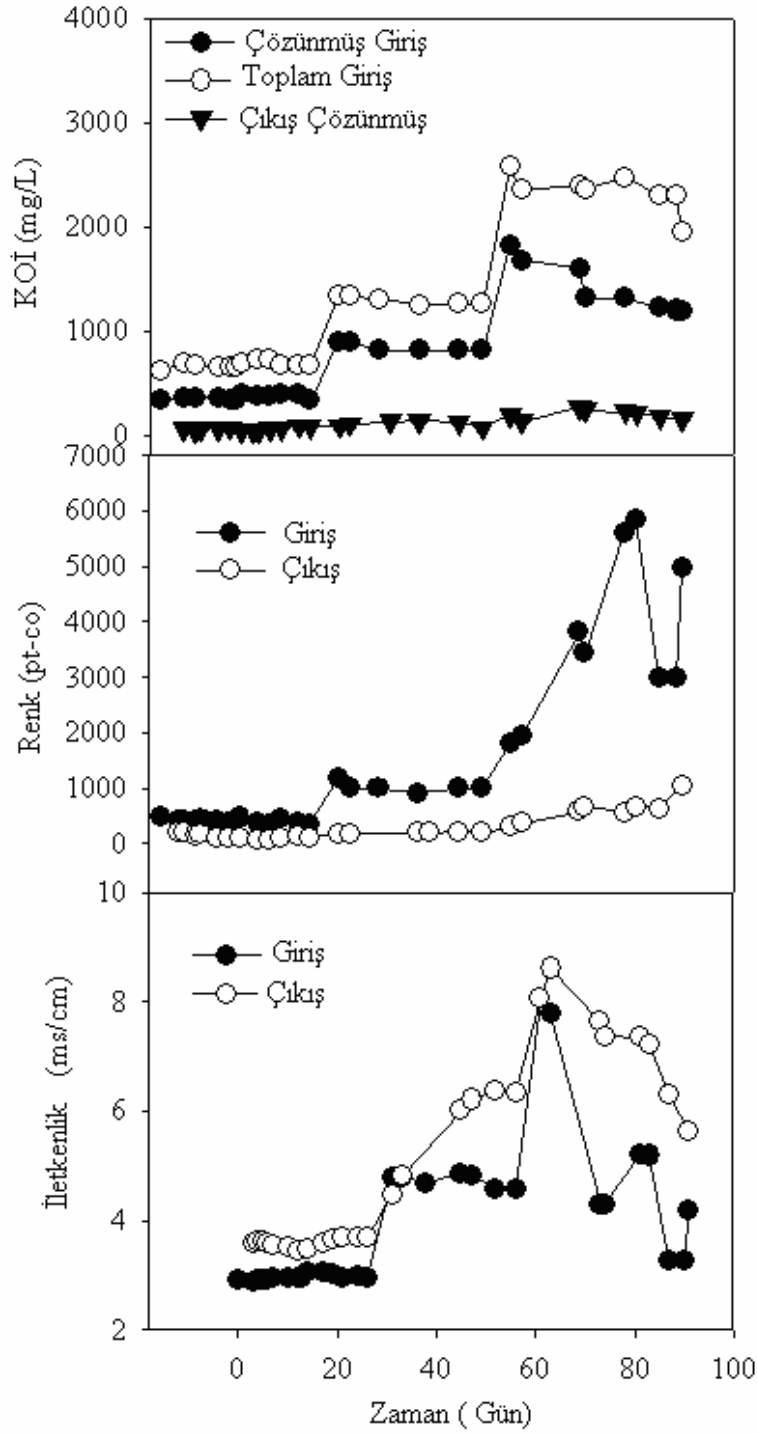
Toplam azot, NH₄-N, toplam P ve MLVSS deneyleri standart metotlara (APHA, 1995) göre yapılmıştır. KOİ ölçümü için Hach KOİ kitleri kullanılmış ve 2 saatlik kaynatma sonunda KOİ değerleri Hach Spektrofotometre (Model No 45600-02, Cole Parmer Instrument Co.,

USA) kullanılarak ölçülmüştür. Renk değerleri 3000 rpm de 10 dakikalık santrifüjü takiben Pt-Co cinsinden Hach Spektrofotometre ile ölçülmüştür.

3.4.1.2. Bulgular

a. Aktif Çamur Reaktörünün Performansı

Belirli zamanlarda reaktörden alınan giriş ve çıkış numunelerine ait ölçümler Şekil 44 ve 45'te sunulmuştur. İlk 30 gün atık su 4 kat, 30 ile 55. günler arası ise 2 kat seyreltilerek reaktöre beslenmiş, 56. ile 100. günler arasında ise seyreltme yapılmadan reaktör beslenmiştir. Şekil 44'ten görüldüğü gibi çıkışta çözünmüş KOİ 118 ± 67 mg/L civarında olup, çözünmüş KOİ giderim verimi $91\pm 2\%$, giriş toplam KOİ baz alında ise giderim verimi $84\pm 4\%$ olarak hesaplanmıştır. Renk giderim verimi ise $75\pm 10\%$ olup, ekstraksiyon sonuçları giderilen rengin yaklaşık %50-70'inin mikroorganizma yüzeyine adsorpsiyon ya da reaktör içine çökme yolula olduğunu göstermiştir.

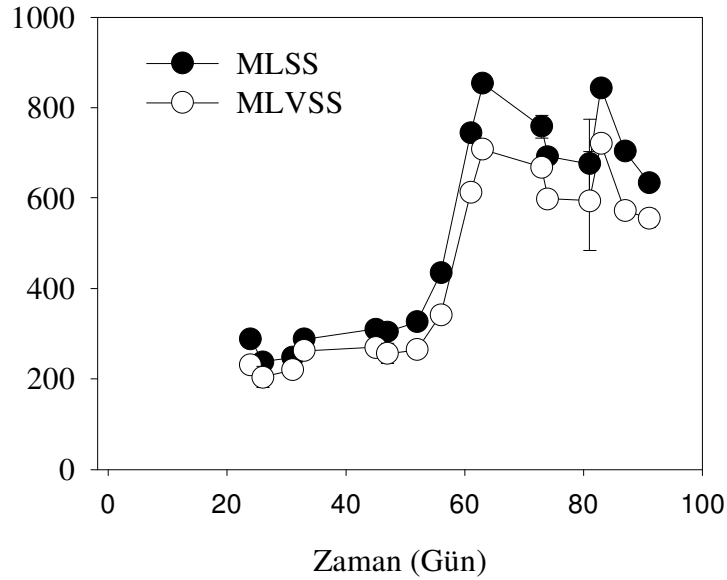


Şekil 44. Biyolojik reaktöre ait giriş ve çıkış suyuna ait ölçüm sonuçları

Elde edilen verilerden gözlenen dönüşüm katsayısı (Y_{obs}), 0.34 ± 0.15 mg MLVSS/mg COD olarak hesaplanmıştır. Aktif çamur ünitesinin özellikle KOİ gideriminde oldukça etkili olduğunu gösterilmiştir. Şöyleki; giriş KOİ konsantrasyonu 2500 mg/L civarında olmasına rağmen çıkışta çözülmüş KOİ her zaman 270 mg/L değerinin altında kalmıştır. Ayrıca, 56. ve

100. günler arasında giriş renk konsantrasyonu önemli derecede değişiklik göstermesine rağmen, çıkış renk değerleri önemli ölçüde değişmemiş ve aktif çamur ünitesi membran arıtım prosesinden önce verimli bir ön arıtım prosesi olarak davranmıştır. Hem KOİ hem de renk değerlerinde gözlenen yüksek verim ayrıca membranın kısa zamanda tıkanmasını da önleyecektir.

Diğer önemli bir nokta ise, arıtmadan sonra çıkan suda iletkenliğin arttığı gözlenmiştir. Bunun nedeninin, biyolojik artım sırasında bazı partikül haldeki maddelerin çözülmüş formlara dönüşerek, arıtılmış suyun inorganik madde içeriğini arttırması olarak düşünülmektedir.



Şekil 45. Reaktördeki MLSS ve MLVSS konsantrasyonunun zamanla değişimi

Şekil 45'te reaktöre ait MLSS ve MLVSS ölçümlerinden görüldüğü gibi sistemdeki MLVSS konsantrasyonu seyreltmeye bağlı olarak 200-750 mg/L arasında değişmiştir. Şekil 44 ve 45'ten görüldüğü gibi, reaktör çıkış parametreleri oldukça kararlı olup, reaktör kararlı şartlar altında yüksek verimde işletilebilmektedir.

Tablo 59. Biyolojik reaktöre ait performans verileri

Parametre	Gün 0-28 (4 kat seyreltme)	Gün 28-55 (2 kat seyreltme)	Gün 56-100 (Seyreltmesiz)
Toplam giriş KOİ (mg/L)	675±28	1300±40	2341±180
Çözünmüş giriş KOİ	367±21	852±46	1418±247
Çıkış çözünmüş KOİ	67±15	119±12	204±50
% KOİ giderimi	90±2	90±2	91±2
Giriş Renk	400±44	1026±91	3710±1500
Çıkış Renk	130±46	192±10	645±210
% Renk giderimi	69±11	81±2	83±4
MLVSS	219±14	263±7	631±67
Net biyokütle dönüşüm oranı (Y)	0.37±0.04	0.23±0.02	0.30±0.03

Tablo 59’da sisteme ait ortalama arıtım verim değerleri ve diğer önemli parametreler sunulmuştur. Bu tabloda sunulan değerlerin Tablo 56’de belirtilen değerlerle karşılaştırılmasından, arıtılmış suyun kanalizasyona deşarj standartlarını sağlayabildiği görülmektedir. Fakat, yukarıda da belirtildiği gibi, bu çalışmada asıl amaç suyun tesis içerisinde tekrar kullanımı olduğundan, arıtılmış suyun Tablo 58’de verilen yeniden kullanım kriterlerini sağlaması gerekmektedir. Biyolojik olarak arıtılmış su yeniden kullanım için gerekli kriterleri sağlayamamaktadır. Özellikle iletkenlik oldukça yüksektir. Bu amaçla, biyolojik olarak arıtılmış suyun membran arıtımından geçirilerek tesis içerisinde kullanılabilir hale getirilmesi üzerine çalışılmalar yapılmıştır.

b. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tekstil Atıksuyunun Nanofiltrasyon (NF) ile Arıtımı

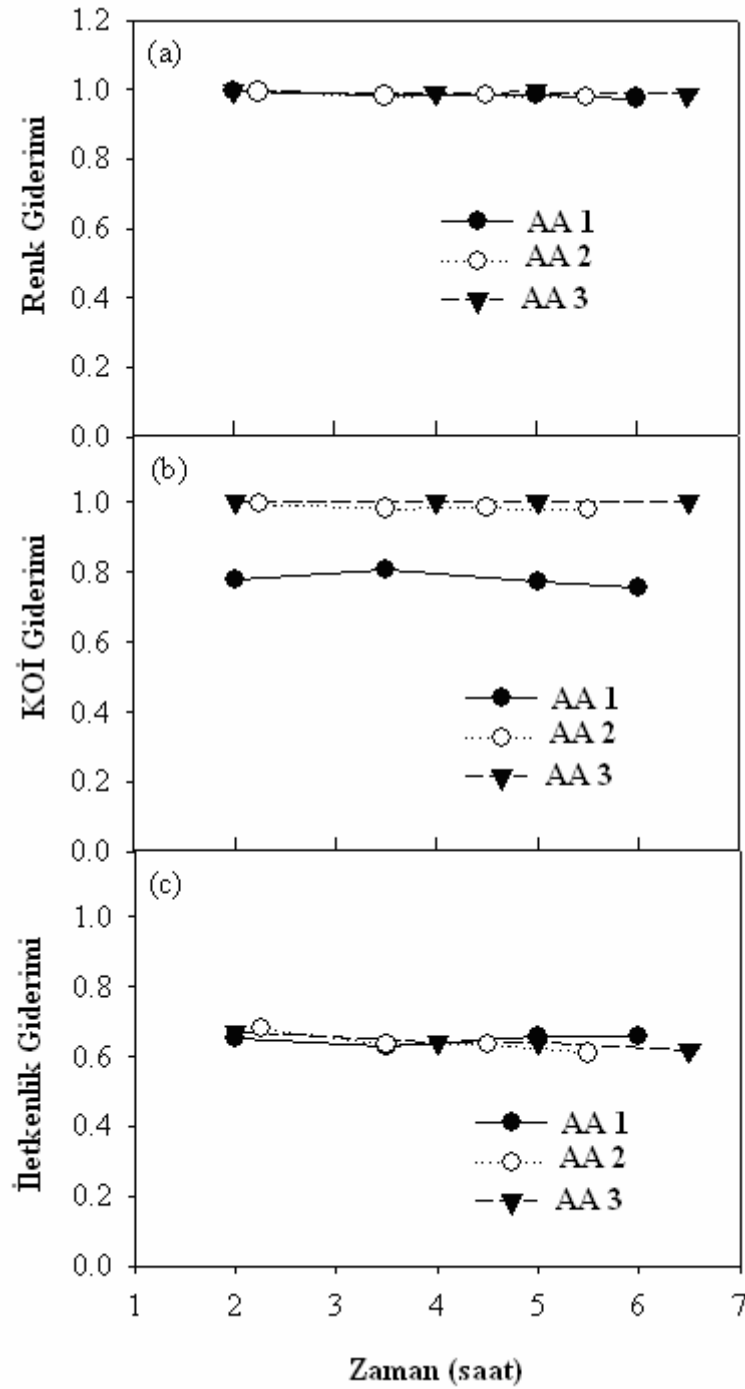
Biyolojik reaktörden farklı zamanlarda alınmış üç farklı su (AA1, AA2 ve AA3) NF deneylerinde kullanılarak artan KOİ ve rengin membran performansı ve akı üzerine etkileri araştırılmıştır. NF öncesi atıksu 5 µm’lik bir mikrofiltreden geçirilerek atıksu içindeki mikroorganizma ve diğer partiküllerin giderilerek NF membranının çabuk tıkanması engellenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, Çapar vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada tekstil atıksuları için en ekonomik ve uygulanabilir ön arıtım yöntemi olarak MF önerilmiştir.

MF prosesinde KOİ ve renk gideriminin belirlenebilmesi için reaktör çıkışından toplanan numuneler 1 saat süre ile çöktürülerek aktif çamur tesisine ait bir çökeltme tankı simüle edilmiştir. Daha sonra renk ve KOİ, MF öncesi ve sonrası ölçülerek MF prosesinin giderim performansı ölçülmüştür. Yapılan çalışmalarda, MF ile %0-15 renk, %4-19 KOİ giderimi elde edilmiştir. MF sonrası atıksu karakteristiği Tablo 60'da sunulmuştur.

Tablo 60. NF prosesinde atıksu giriş ve çıkış karakteristikleri

GİRİŞ	AA	KOİ (mg/L)	Renk (Pt-Co)	İletkenlik (mS/cm)	pH	Akı, L/m ² /h (Akı düşmesi)
	1	191	266	6	7	-
	2	259	606	6,9	7,38	-
	3	291	592	7,4	6,24	-
PERMEYİT	1	43	5	1,98	5,74	33,33 (43%)
	2	<5	≤10	2,52	3,25	31,25 (46%)
	3	<5	6	2,67	3,24	37 (44%)

NF prosesinde aktif çamur prosesi çıkışından gelen KOİ'nin hemen hemen tamamı giderilebilmiş ve NF sonrası rengin 10 pt-CO'dan daha düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 46). Renge benzer olarak, AA2 ve AA3 için KOİ tam olarak giderilmiş ve çıkıştaki KOİ ölçüm sınırları (5 mg/L) altında kalmıştır. AA1 için ise KOİ giderimi %80 olarak belirlenmiş ve çıkış NF sonrası KOİ değeri 43 mg/L olarak belirlenmiştir. AA1 için kısmen yüksek KOİ konsantrasyonu gözlenirse de, bu değer geri kazanım kriteri olan 80 mg/L değerinden düşüktür. AA1 için kısmen yüksek KOİ değerinin gözlenme nedeni tam olarak bilinmese de arıtılmış suyun farklı kompozisyonu ve moleküler ağırlık dağılım farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mänttäre vd. (2006) kağıt endüstrisi atıksularına aktif çamur ve NF ile yaptığı çalışmalarda, aktif çamur ünitesinin küçük molekül ağırlıklı organikleri kolaylıkla giderdiği, yüksek molekül ağırlığına sahip organiklerin ise aktif çamurdan arıtılmadan çıkararak NF prosesinde giderildiğini belirtilmiştir.

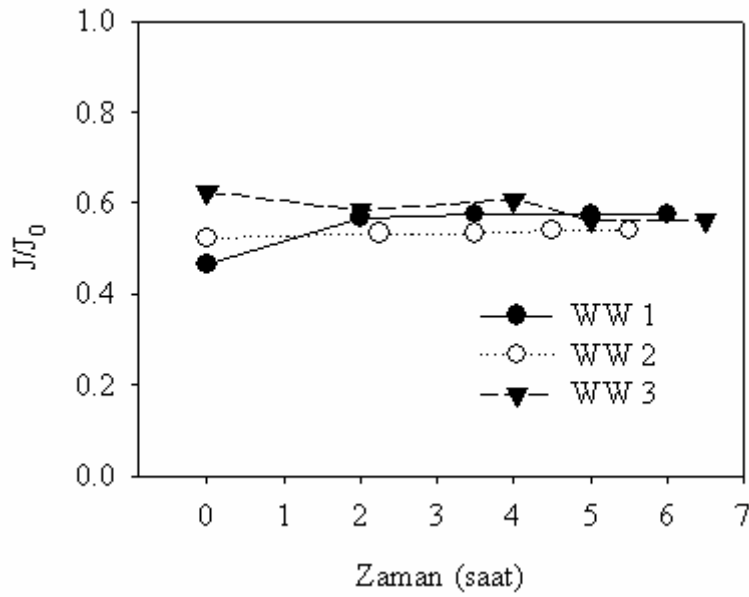


Şekil 46. NF prosesinin Renk(a), KOİ (b) ve iletkenlik (c) giderim performansları

Tekstil atıksularının geri kazanımında en önemli problemlerden biri, atıksuda bulunan yüksek iletkenliktir. NF prosesinde %65 civarında iletkenlik giderimi elde edilmiş ve çıkış iletkenlik değerleri 2-2.67 mS/cm arasında kalmıştır. NF prosesinde oldukça yüksek (%65) iletkenlik giderimi elde edilmesine rağmen, iletkenlik değeri geri kazanım kriterleri için verilen değerden daha büyüktür. Bu nedenle, eğer iletkenliğin daha düşük değerlere düşürülmesi

istenirse ters ozmoz prosesi kullanılabilir. Tablo 10'da geri kazanım için iletkenlik değeri 1 mS/cm olarak verilse de, suyun kullanılacağı prosese bağlı olarak farklı kaynaklarda bu değer 0.065-2.2 mS/cm olarak verilmektedir. Dolayısıyla elde edilen su, proses içinde kullanım potansiyeline sahiptir.

Diğer önemli bir sonuç ise; AA2 ve AA3 için NF sonrası arıtılmış suyun pH değerinin giriş değerine göre çok düşük olmasıdır (Tablo 60). Bunun nedeni ise, giriş atıksuyunda alkalitenin çok düşük olup (< 50 mg/L CaCO_3), NF sırasında negatif yüklü organik ve inorganik maddelerin giderilmesidir. Arıtılmış suyun pH değerlerinin çok düşük olmasına rağmen, asidite değeri oldukça düşük olup (≤ 30 mg/L CaCO_3) suyun pH değeri nötral değerlere az bir alkalinite ilavesiyle çok kolay yükseltilebilir.



Şekil 47. Normalize edilmiş akıların zamanla değişimi

NF deneylerinde kullanılan üç farklı atıksu için normalize edilmiş akı değerleri Şekil 47'de verilmiştir. Akı değerleri 31-37 $\text{L/m}^2/\text{h}$ (Tablo 60) arasında değişmekte olup, temiz suya kıyasla %45 civarında bir akı düşmesi gözlemlenmiştir. Özgül akı değerleri ise 6.3-7.4 $\text{L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$ arasında değişmektedir. Atıksu ile yapılan NF deneyleri sonrası, tıkanma çeşidini ve miktarını belirlemek amacıyla, temiz su akı değerleri ölçülmüştür. Atıksu NF çalışmaları sonrası temiz su akısı, NF öncesi temiz su akı değerlerinin %88-100'ü kadar olduğu gözlemlenmiştir. Böylece, tıkanma nedeninin konsantrasyon polarizasyonu olduğu ve geri döndürülemeyen tıkanmanın olmadığı (no irreversible fouling) kanısına varılmıştır.

3.4.1.3. Sonuçlar

Atıksudaki yüksek iletkenlik aktif çamur prosesinin performansını olumsuz etkilememiş ve KOİ giderimi girişteki öznmş KOİ baz alındığında %84±4, girişteki toplam KOİ baz alındığında ise %91±2 olmuştur. Aktif amur ünitesinde renk giderim verimi %75±10 olarak bulunmuş ve giderilen rengin %50-70'i adsorpsiyon veya reaktör içine çökeltme yoluyla olmuştur. Biyolojik arıtım oldukça etkili bir proses olsa da arıtılmış su geri kazanım kriterlerini karşılayamamış ve çıkış suyunun NF prosesi ile arıtımı araştırılmıştır. NF'de renk neredeyse tamamen giderilmiş ve %80-100 arasında KOİ giderimi elde edilmiştir. NF'de iletkenlik giderimi %65 dolayında kalmış ve çıkış suyunda iletkenlik değeri 1,98 ile 2,67 mS/cm arasında kalmıştır. NF'de 5,07 bar da akı değerleri 31,25 ile 37 L/m²/saat arasında kalmış ve temiz suya kıyasla atıksuda akı düşmesi yaklaşık %45 olmuştur.

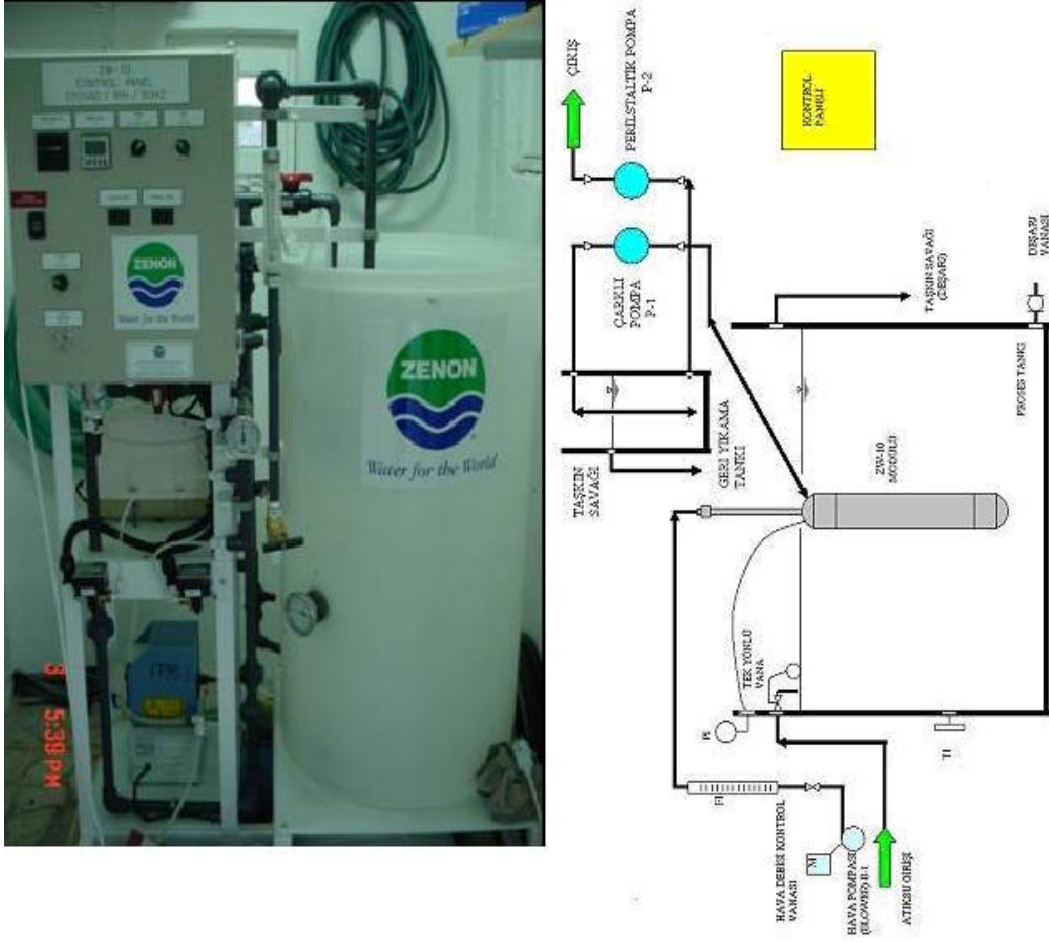
3.4.2. Membran Biyoreaktör (MBR) alışmaları

3.4.2.1. MBR Sistemi

Projede, pilot-lek MBR sistemi olarak ZW-10 (Zenon Environmental Inc.) ünitesi kullanılmıştır. Batık sistem, gözenekli fiber membran modülüne sahip ünite sürekli akışlı besleme ile 2,5 ay boyunca Orta Anadolu fabrika sahasında çalıştırılmış, aerobik biyolojik oksidasyon ve ultrafiltrasyon kademeleri tek proses tankı içinde gerçekleştirilmiş, temiz su çıkışı (permeyt) direk vakum uygulanarak proses tankından sağlanmıştır. MBR ünitesi; 227 L HDPE (yüksek yoğunlukta polietilen) proses tankı, 1000 L ham atıksu depolama/MBR besleme tankı, peristaltik besleme pompası, 0,9 m² aktif membran yüzey alanına sahip ZeeWeed[®] 10 membran modülü (hollow fiber), havalandırma ve membran yüzey temizliği sağlayan blower (119 L/dk), hava debisi ölçer, iki yönlü çalışan arklı permeyt pompası ve motoru, permeyt suyunu depolayan 25 litre hacminde backpulse (geri yıkama) tankı, permeyt suyunu deşarj eden peristaltik pompa, 1000 L permeyt depolama tankı, 110-220 V transformatör, proses tankı sıcaklık göstergesi, manometreler, vanalar, PVC, polipropilin ve silikon bağlantı borularından oluşmaktadır. nitenin atıksu arıtma kapasitesi 380-1500 L/gün'dür. İki yönlü çalışan permeyt pompası normal işletim sırasında proses tankından vakum uygulayarak permeyt çekmekte aynı zamanda da geri yıkama sırasında ters yönlü çalışarak pozitif basınçla membranlara permeyt suyu basmaktadır. Geri yıkama her 10

dakikada bir 15 saniye süreyle permeyt debisinin iki katı debiyle uygulanmıştır. Sistem, merkezi kontrol paneli ile yarı otomatik olarak kontrol edilmektedir. Kontrol panelindeki zaman ayarlayıcı ile geri yıkama periyodu ve süresi ayarlanabilmektedir. Ayrıca paneldeki dijital potansiyometre yardımıyla, pompanın düz ve ters çalışma esnasındaki hızı kontrol edilebilmektedir. Ünite epoksi kaplı karbon çelik konstrüksiyon üzerine imal edilmiştir. Şekil 48 MBR ünitesinin fotoğrafını ve basit akım şemasını göstermektedir.

Sistemin sürekli olarak çalışabilmesi için, Orta Anadolu tekstil fabrikası atıksu arıtma tesisinin ön arıtma prosesinden (0,5 cm aralıklı ince ızgara) sonra yer alan nötralizasyon havuzuna yerleştirilen dalgıç pompa ve buna bağlı 20 m uzunluğundaki 3/4 inch'lik hortum ile 1000 L'lik polietilen atıksu besleme tankına iletim hattı çekilmiştir. 1000 L'lik besleme tankı ve nötralizasyon havuzu arasındaki atıksu iletim hattına 25 mikron'luk kartuş filtre, atıksu içerisinde yoğun şekilde bulunan fiberlerin tutulması ve dolayısıyla MBR reaktöründeki membran modülüne zarar vermemesi amacıyla yerleştirilmiştir (Şekil 49). Besleme tankında toplanan ham atıksu MBR proses tankına peristaltik pompa ile basılmıştır. Membranlara zarar verebilecek ham atıksudaki potansiyel diğer maddeler de peristaltik pompanın emme hattı ucuna yerleştirilen 2 mm aralıklı ızgarada tutulmuştur. Arıtım sonrası geri yıkama tankında biriken permeyt ayrı bir peristaltik pompayla 1000 L'lik polietilen permeyt depolama tankına basılmıştır.



Şekil 48. MBR ünitesinin fotoğrafı ve basit akım şeması



Şekil 49. Atıksu iletim hattı, kartuş filtre ve 1000 L'lik atıksu besleme tankı

3.4.2.2. Deneysel Yaklaşım

Batık sistem, gözenekli fiber membran modülüne sahip ünite sürekli akışlı besleme ile 2,5 ay boyunca çalıştırılmış, aerobik biyolojik oksidasyon ve ultrafiltrasyon kademeleri tek proses tankı içinde gerçekleştirilmiş, temiz su çıkışı (permeyt) direk vakum uygulanarak proses tankından sağlanmıştır. Geri yıkama her 10 dakikada bir 15 saniye süreyle permeyt debisinin iki katı debiyle uygulanmıştır. MBR sistemi ile Orta Anadolu tekstil fabrikasının atıksularının arıtılabilirlik çalışmaları 2 aşamada gerçekleştirilmiştir.

1. Aşama: Bu aşamadaki ana hedef sonsuz çamur yaşı (SRT) (diğer bir deyimle sistemden çamur atmadan) ve normal permeyt akışı ($20 \text{ L/m}^2\text{-saat}$) ile işletim yaparak proses tankında yüksek MLSS konsantrasyonlarına ($>10000 \text{ mg/L}$) ulaşmak ve sonsuz SRT durumunun biyolojik arıtım performansına ve filtrasyon akılarına olan etkilerinin tayin edilmesidir. Diğer bir deyimle, sistemden çamur atmadan, uzun havalandırılmalı, düşük organik yüklemeli (düşük F/M (besin/biyokütle) oranına sahip), spesifik biyokütle büyüme hızının çok düşük ve iç solunum mekanizmasının baskın olduğu aktif çamur sistemleri simüle edilmiştir.

2. Aşama: Bu aşamada SRT 25 gün ve ortalama akı ($20 \text{ L/m}^2\text{-saat}$) uygulanmıştır. Diğer tüm işletim parametrelerinin değerleri birinci aşamayla aynıdır. Dolayısıyla bu aşamadaki amaç, endüstriyel atıksu arıtan MBR'larda uygulanan tipik 25 gün SRT durumunun biyolojik arıtma ve membran tıkanmaları dahil filtrasyon performansına olan etkilerinin tayin edilmesidir.

İki aşama için de, MBR sistemi ile atıksu arıtım performans tayini için, sistemin işletim parametreleri olan transmembran basıncı (TMP), permeyt debisi, giriş ve çıkış debileri, proses tankı çözülmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu, rutin geri yıkama sıklığı ve debileri, gerektiğinde kimyasal temizleme periyotları ve türleri, hava debileri günde 2–3 defa kontrol edilip kaydedilmiştir. İşletim parametrelerinin yanı sıra performans tayini için sistemde ölçülen diğer parametreler Tablo 61'de özetlenmiştir.

Tablo 61. MBR sistemi işletiminde ölçümü yapılan parametreler, ölçüm noktaları ve ölçüm sıklıkları (tüm numuneler anlık olarak alınmıştır)

Parametre	Sistem giriş	Sistem çıkış (permeyt)	MBR proses tankı
Sıcaklık			7 gün/hafta
pH	7 gün/hafta	7 gün/hafta	7 gün/hafta
ÇO			7 gün/hafta
İletkenlik	7 gün/hafta	7 gün/hafta	7 gün/hafta
Q _p , Q _g , Q _ç	7 gün/hafta	7 gün/hafta	7 gün/hafta
TMP			7 gün/hafta
Renk	6 gün/hafta	6 gün/hafta	
KOİ	6 gün/hafta	6 gün/hafta	
BOİ ₅	3 gün/hafta	3 gün/hafta	
AKM	6 gün/hafta	6 gün/hafta	
Bulanıklık	6 gün/hafta	6 gün/hafta	
TKM	3 gün/hafta	3 gün/hafta	
MLSS			3 gün/hafta
MLVSS			1 gün/ayda
SSV			3 gün/hafta
NO ₃ -N	5 gün/hafta	5 gün/hafta	
NO ₂ -N	5 gün/hafta	5 gün/hafta	
NH ₃ -N	5 gün/hafta	5 gün/hafta	
TKN	3 gün/hafta	3 gün/hafta	
TN	3 gün/hafta	3 gün/hafta	
TP	3 gün/hafta	3 gün/hafta	

Tablo 61’de verilen analizlerin yapılması ve yukarıda belirtilen günlük ölçülen parametrelerle beraber en az haftada üç kere aşağıdaki parametreler hesaplanmıştır.

✓ F/M oranı

$$F / M = \frac{BOI_{5G} \cdot Q_G}{MLSS \cdot V} \quad (\text{kg BOI}_5/\text{kg MLSS-gün}) \quad (1.1)$$

- ✓ OYH: Organik yükleme hızı

$$OYH = \frac{BOI_{5g} \cdot Q_G}{V} \quad (\text{kg BOI}_5/\text{m}^3\text{-gün}) \quad (1.2)$$

- ✓ U: Spesifik substrat giderim hızı

$$U = \frac{(BOI_{5g} - BOI_{5c})}{MLVSS \cdot HRT} \quad (\text{mg giderilen BOI}_5/\text{mg MLVSS-gün}) \quad (1.3)$$

3.4.2.3. Bulgular

Arıtılabilirlik çalışması süresince 27 Haziran 2006–8 Eylül 2006 arası yaklaşık 2,5 aylık süre boyunca MBR sisteminin atıksu arıtımı için iki farklı işletim şartında çalıştırılması sonucu elde edilen anlık akı, net akı ve 20 °C ye göre sıcaklık düzeltmeli akı değerleri Şekil 50’de gösterilmiştir. Çalışmanın iki aşamasında da 20 L/m²-saat değerinde hedeflenen anlık permeyt akısı (permeyt pompa hızı sabit tutulmuştur) işletim boyunca 10,5-19,4 L/m²-saat aralığında tespit edilmiştir. MBR sisteminin işletiminde geri dönüşümsüz tıkanma (her 10 dakika bir 15 saniyelik geri yıkamaların gideremediği tıkanma) 40 gün sonra oluşmuştur ve 31 Temmuz 2006 tarihinde ikincil temizleme uygulanmıştır (kimyasal geri yıkama: permeyt suyunun depolandığı backpulse tankına 250 mg/L aktif klor içeriği olacak şekilde NaOCl eklenmiştir ve bu tanktan biyokütle içerisinde batık halde bulunan membran modülüne 10 dakika süre ortalama 600 ml/dk debi ile geri yıkama uygulanmıştır). İkincil temizlemeden sonra sistemin tıkanması tam giderilemediği için anlık akı değeri yükselmemiştir. İkincil temizleme membran modülündeki tıkanmaları gideremediği için üçüncül temizleme prosedürü uygulanmıştır (membran modülü sistemden sökülerek başka bir kap içerisinde ilk önce 250 mg/L aktif klor içeriği olan çözeltide 5 saat bekletilmiştir daha sonra modül durulandıktan sonra pH 2 olan çözeltide 5 saat bekletilmiştir ve durulandıktan sonra MBR sistemindeki yerine monte edilmiştir). Üçüncül temizlemeden sonra 10,5 L/m²-saat değerine kadar düşen akı 19 L/m²-saat değerine yükselmiştir. MBR sistemine anlık akı değeri sistemin permeyt debisinin ölçülmesi ile akı formülünden (Akı=Q/S) hesaplanmıştır. Net akı değeri anlık akı değeri ile tamamen paralellik göstermiştir. Net akı değeri üretilen net su miktarından hesaplandığı için anlık akı değerinden küçük değerlerdedir. Çünkü MBR sistemi 9 dakika 45 saniye permeyt modunda çalışarak su üretmekte ve 15 saniye de geri yıkama yapmaktadır. Dolayısıyla sistem 1 tam günde 1404 dakika su üretmiştir ve toplam 36 dakika süre ile de

ürettiği suyu kullanarak geri yıkama yapmıştır. Net akı MBR sisteminin ürettiği net artırılmış su miktarından hesaplanan akı değeridir. Net akının hesabında permeyt debisi ve süresi, geri yıkama debisi ve süresi hesaba katılmıştır. Günlük net akı değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$J_{\text{Net}} = \frac{(Q_P \cdot t_P) - (Q_G \cdot t_G)}{S \cdot (t_P + t_G)} \quad (2.1)$$

Burada;

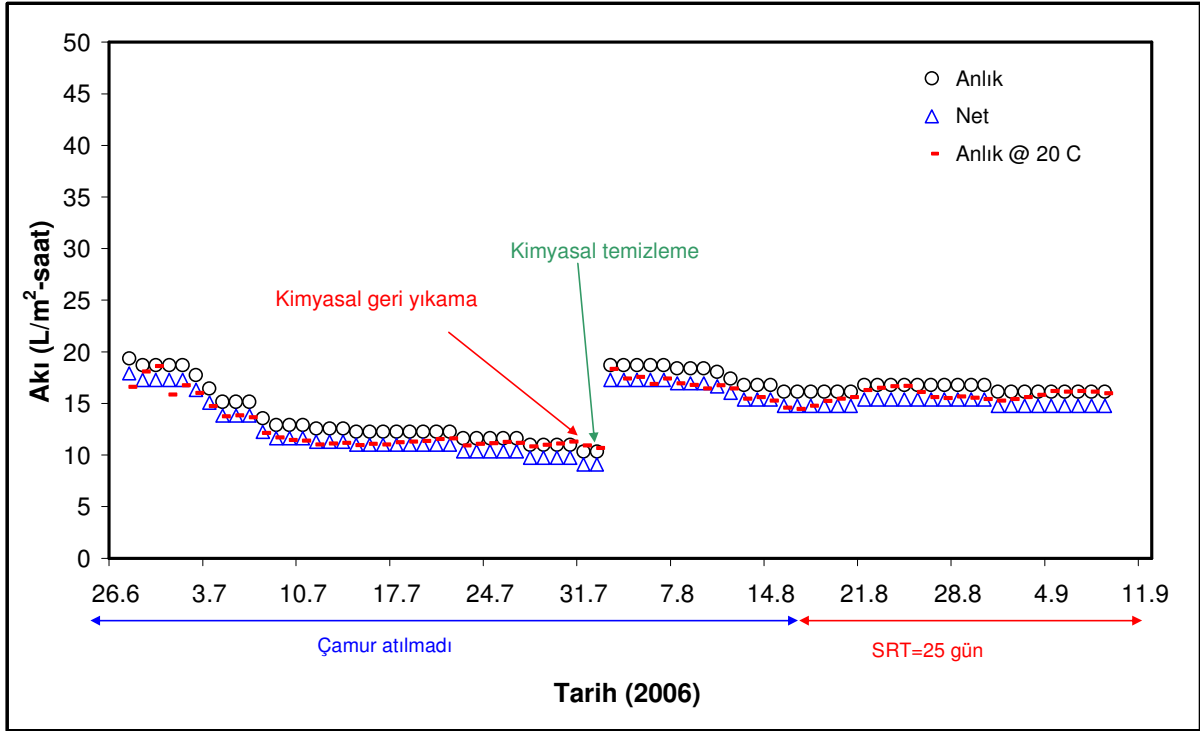
- J_{Net} Net su üretimine göre hesaplanmış günlük net akı (LMH)
 Q_P Permeyt debisi (mL/dk)
 t_P Günlük toplam permeyt süresi (dk)
 Q_G Geri yıkama debisi (mL/dk)
 t_G Günlük toplam geri yıkama süresi (dk)
 S Membran toplam yüzey alanı (0,9 m²).

Anlık akının 20 °C sıcaklığa göre düzeltilmesi, MBR sisteminin tedarik edildiği Zenon firması tarafından MBR sistemi için oluşturulmuş aşağıdaki ampirik formüle göre hesaplanmıştır.

$$J_{\text{tm}}(20^\circ\text{C}) = \frac{Q_P \cdot e^{-0.0239(T-20)}}{S} \quad (2.2)$$

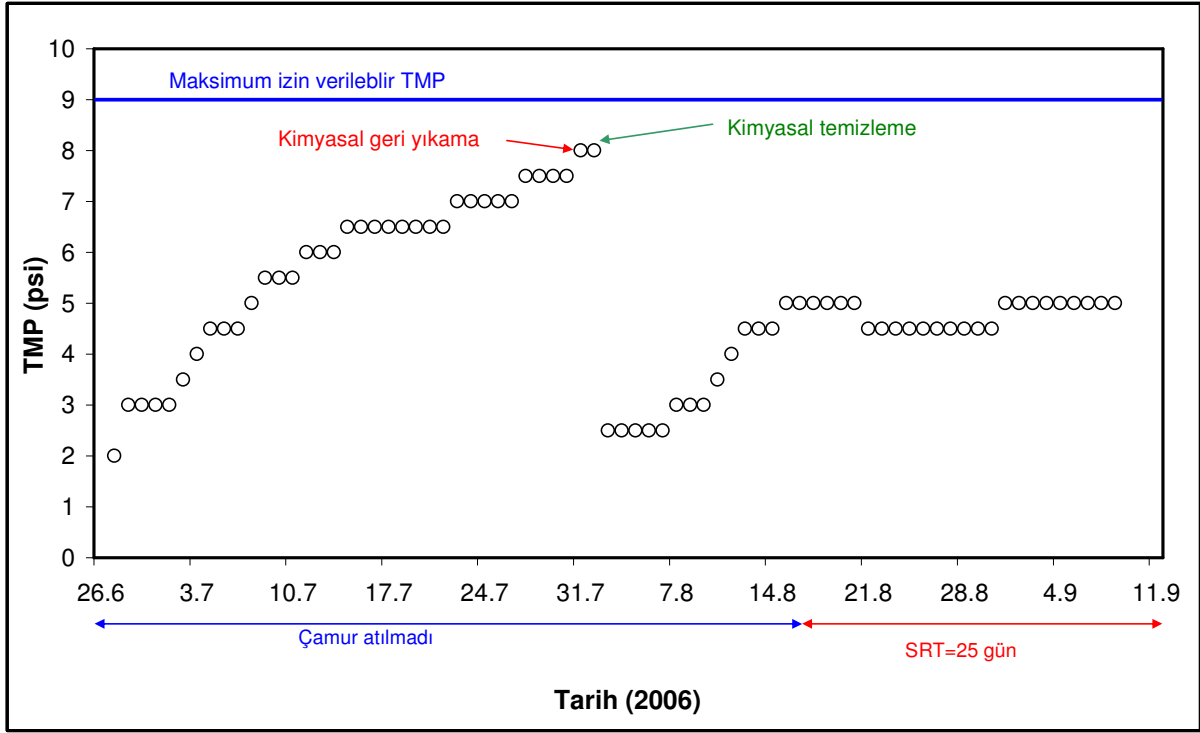
- J_{tm} t zamanındaki anlık spesifik akı (LMH)
 Q_P t zamanındaki permeyt debisi (L/saat)
 T Sıcaklık (°C)
 S Toplam membran yüzey alanı (0,9 m²).

Sıcaklık düzeltmeli akı, MBR sistemine giren atıksu sıcaklığının 20°C'den büyük olması (Ortalama 22,6) sebebiyle anlık akı değerinden küçüktür.



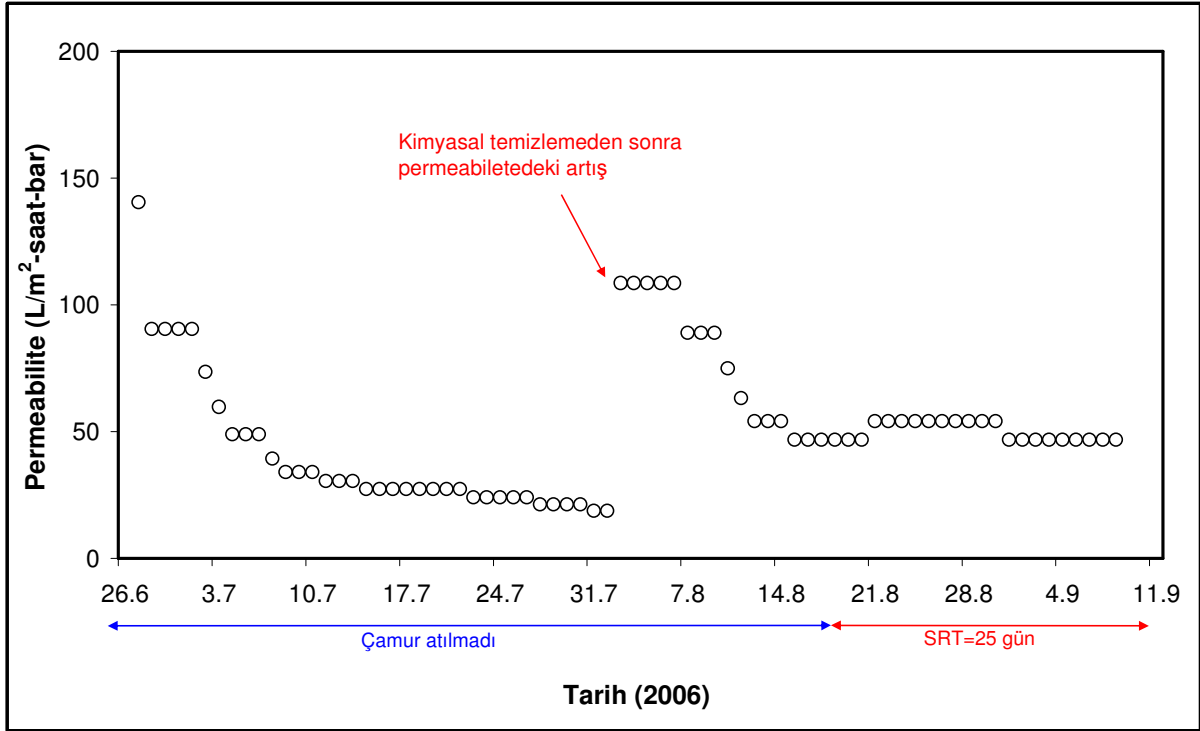
Şekil 50. MBR işletimi boyunca elde edilen akılar

MBR sisteminin işletildiği süre boyunca iki farklı işletim şartında da TMP değerleri 0,14–0,56 bar (2-8 psi) aralığında ölçülmüştür (Şekil 51). Birinci aşama işletimde (sonsuz SRT) TMP değeri 0,56 bar değerlerine yükselmesi ile yukarıdaki paragrafta da tartışıldığı gibi ikincil ve üçüncül temizleme prosedürleri uygulanmıştır. TMP maksimum izin verilebilir değere ulaşmıştır ve ayrıca sistemin akısı çok düştüğü için günlük artılan su miktarı azalmıştır. Üçüncül temizleme sonrasında membran modülünün gözeneklerinin açılmasıyla TMP değeri 0,17 bar (2,5 psi) değerine kadar düşmüştür. İkinci aşama (SRT=25 gün) işletimde TMP değeri çok fazla yükselmemiştir ve ikincil ve üçüncül membran temizleme prosedürlerine ihtiyaç duyulmamıştır.



Şekil 51. MBR işletimi boyunca transmembran basınçları ve uygulanan membran geri yıkamaları

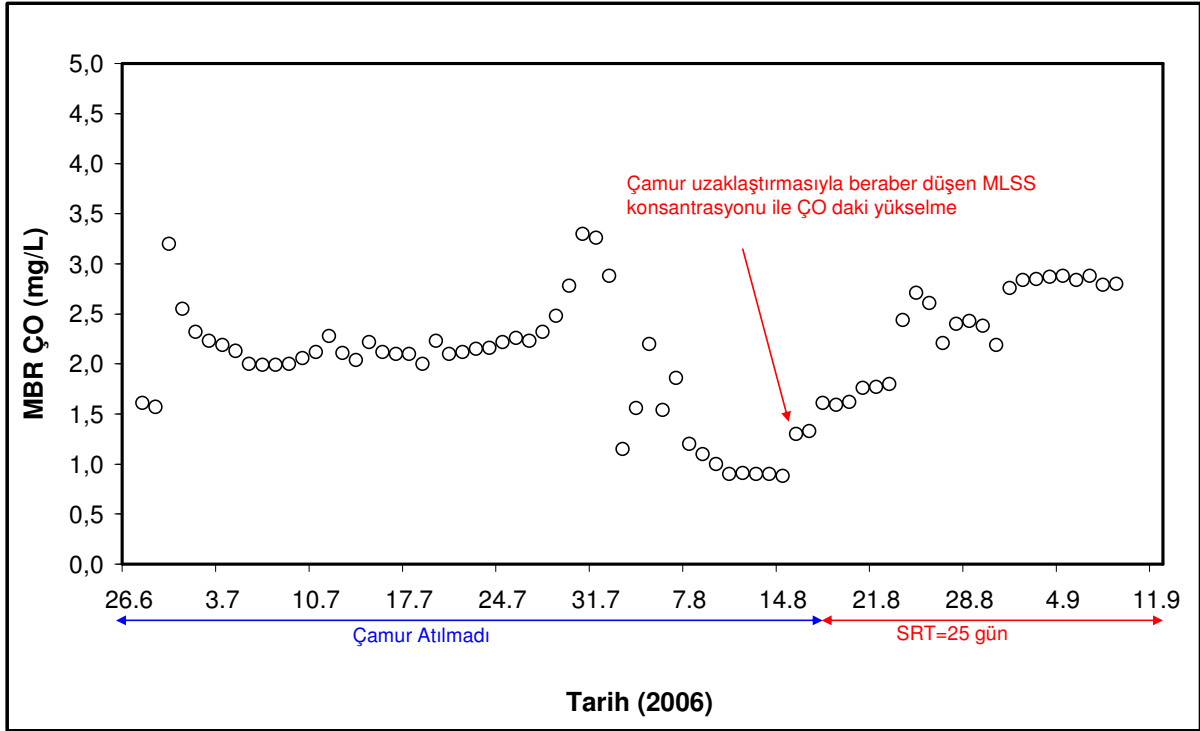
MBR sisteminin işletildiği süre boyunca membran modülünün permeabilitesi (K) değerinin değişimi Şekil 52'de gösterilmiştir. Permeabilitenin formülü ($K=Akı/TMP$) göz önüne alındığında permeabilite akı ile doğru, TMP ile ters orantılı olarak değişmektedir. Birinci aşama işletimde tıkanmanın oluşması ile K değeri $140 \text{ L/m}^2\text{-saat-bar}$ değerinden $19 \text{ L/m}^2\text{-saat-bar}$ değerine kadar düşmüştür. Uygulanan kimyasal temizleme ile K değeri $108 \text{ L/m}^2\text{-saat-bar}$ değerine yükselmiştir.



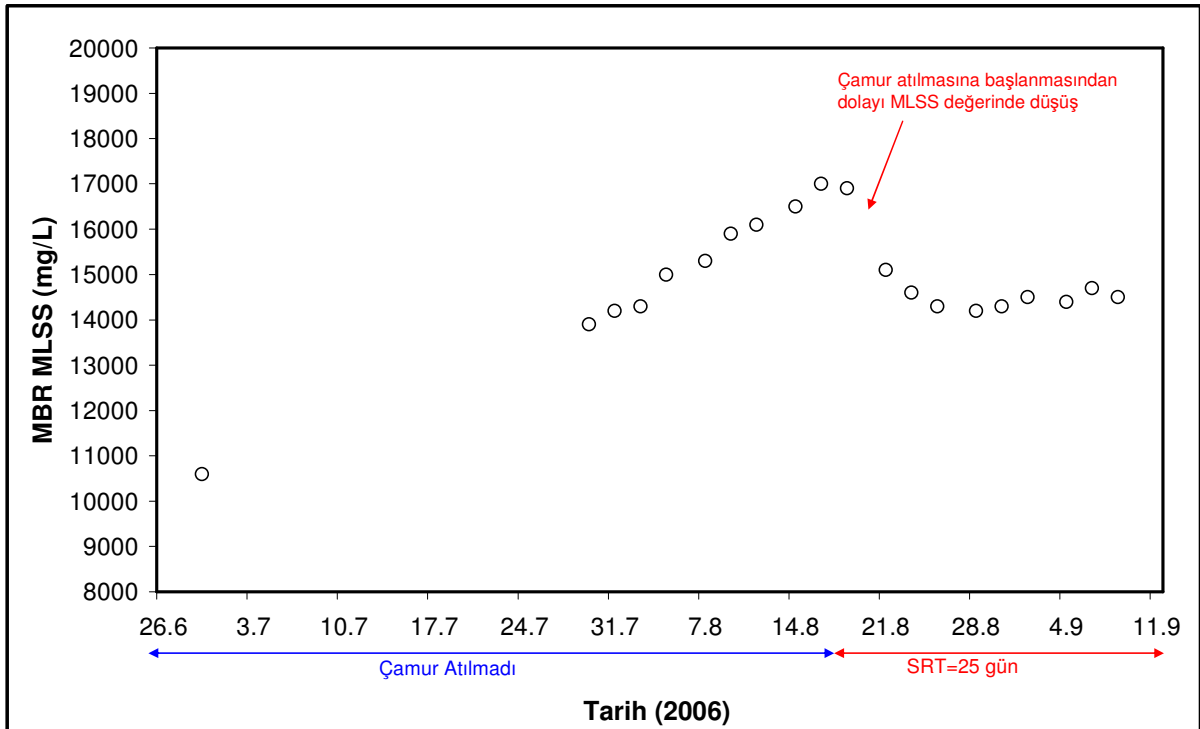
Şekil 52. MBR işletimi boyunca elde edilen permeabilite (K) değerleri

MBR sisteminin işletildiği süre boyunca reaktör içerisindeki çözülmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonunun değişimi Şekil 53'te gösterilmiştir. Birinci aşama denemelerinde başlangıçta ÇO konsantrasyonunu 1,5-3 mg/L arasında tutabilmek için reaktör içerisine verilen hava debisi 3,6 m³/saat iken artan MLSS konsantrasyonundan dolayı (ÇO değeri düşmüştür) bu değer sırasıyla 5,4 ve daha sonra 7,2 m³/saat değerine kadar yükseltilmiştir. İkinci aşama denemelerinde MLSS konsantrasyonun önce düşmesi sonra sabitleşmesi ile gerekli ÇO konsantrasyonun sağlanmasında hava debisi tekrar 5,4 m³/saat değerine düşürülmüştür.

MBR sisteminin işletildiği süre boyunca reaktör içerisindeki MLSS konsantrasyonunun değişimi Şekil 54'te gösterilmiştir. Birinci aşama denemelerinde sistemden hiç çamur atılmamıştır ve birinci aşamanın sonunda MLSS konsantrasyonu 17000 mg/L değerine ulaşmıştır. İkinci aşama denemelerinde sistemde SRT=25 gün olacak şekilde günlük çamur atılmaya başlanmıştır. Bu aşamada MLSS konsantrasyonu 17000 mg/L değerinden 14000 mg/L değerine kadar düşmüştür ve kararlı şartların oluşması ile MLSS konsantrasyonu 14000-14500 mg/L değerlerinde sabit kalmıştır.



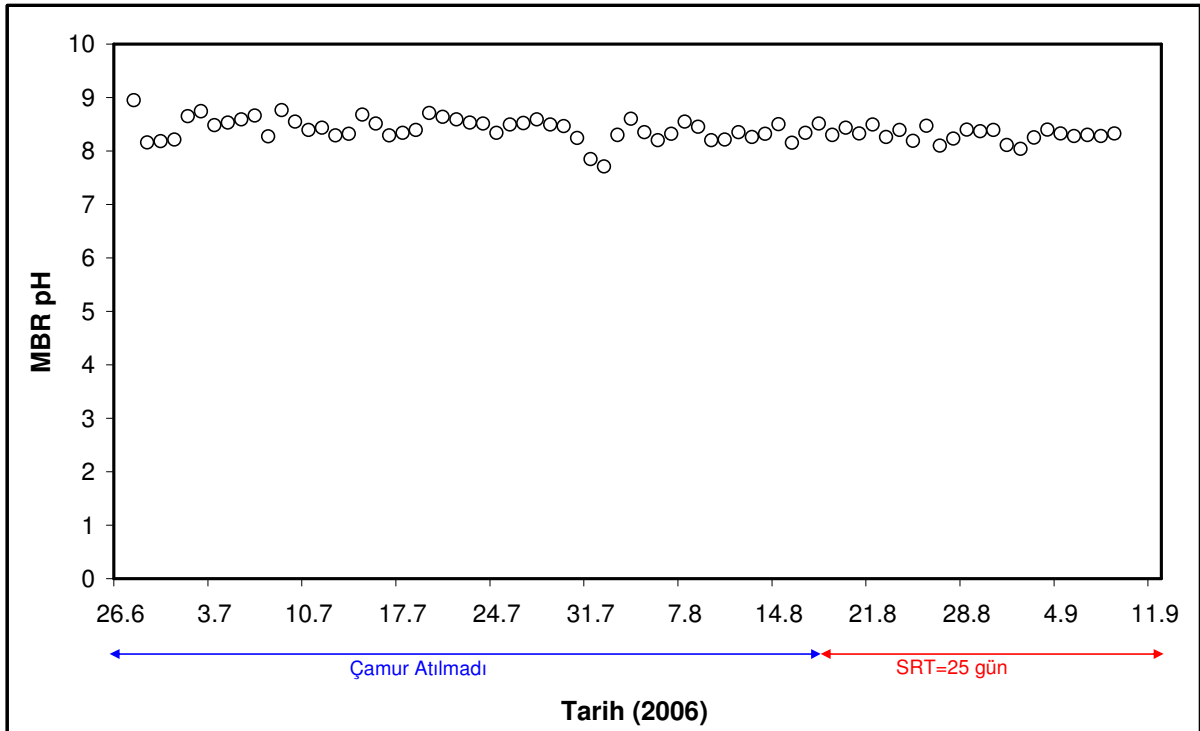
Şekil 53. MBR işletimi boyunca reaktör çözülmüş oksijen konsantrasyonları



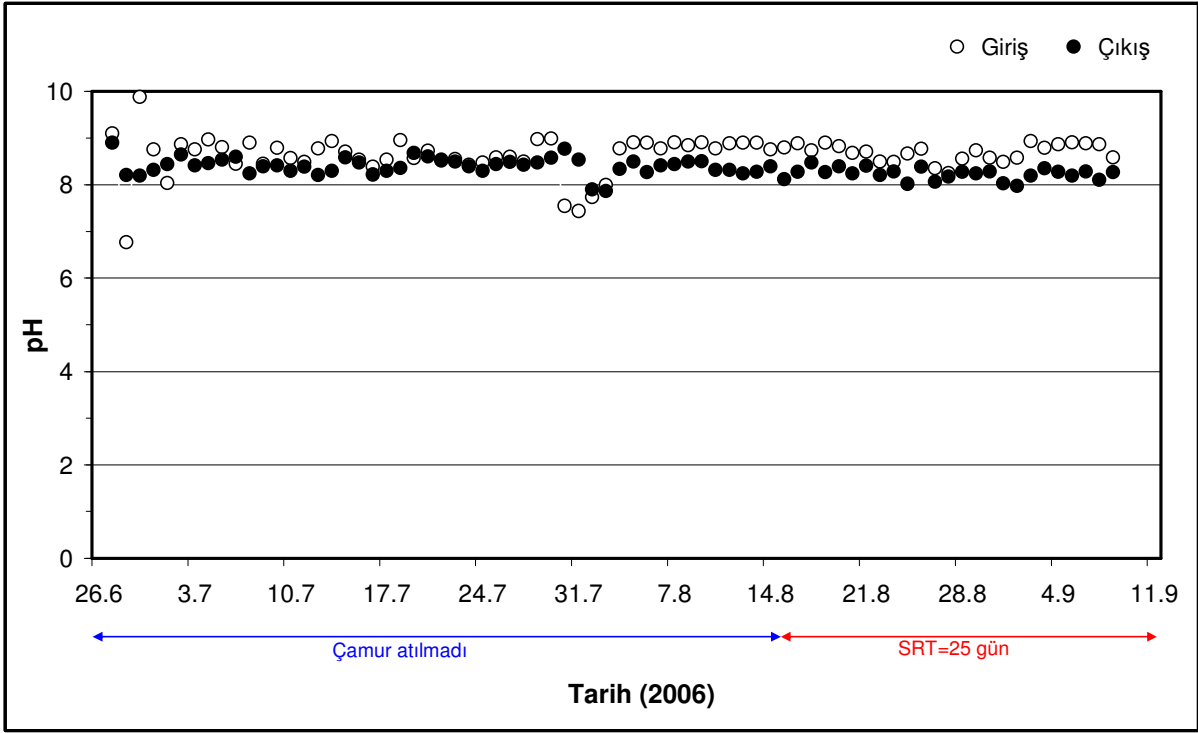
Şekil 54. MBR işletimi boyunca reaktör MLSS değerleri

MBR sisteminin işletildiği süre boyunca reaktör içerisindeki pH değişimi Şekil 55'te gösterilmiştir. Reaktör içeriğinin pH seviyesi ortalama olarak 8,38 gibi bir değerde seyretmiştir. pH'nın en küçük değeri 7,71 en büyük değeri de 8,95 olmuştur. Reaktördeki pH seviyesi biyolojik oksidasyonu ve nitrifikasyonu inhibe edecek değerlere ulaşmamıştır. Reaktör içerisindeki pH değerinin aşırı salınım göstermemesi MBR sistemine alınan atıksuyun, arıtma tesisi nötralizasyon havuzundan alınmasından dolayıdır. Sisteme çekilen atıksuyun ve sistemden arıtılıp çıkan permeyit suyunun pH değişimi Şekil 56'da gösterilmiştir.

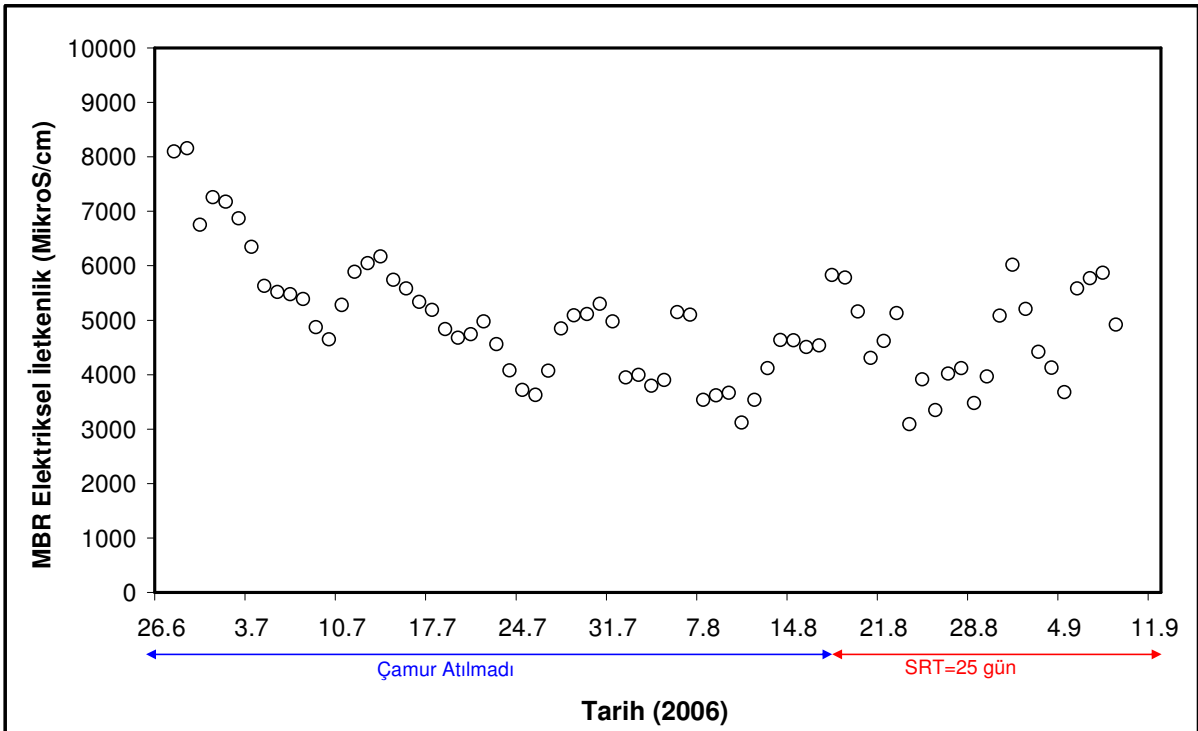
MBR içinde elektriksel iletkenliğin işletim süresince değişimi Şekil 57'de gösterilmiştir. Reaktör içeriğinin elektriksel iletkenlik değeri ortalama olarak 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gibi bir değerde seyretmiştir. Tekstil atıksularının yüksek tuzluluk içermesinden dolayı elektriksel iletkenlik değeri yüksek değerlerde seyretmiştir. Sisteme çekilen atıksuyun ve sistemden arıtılıp çıkan permeyit suyunun elektriksel iletkenlik değeri değişimi Şekil 58'de gösterilmiştir.



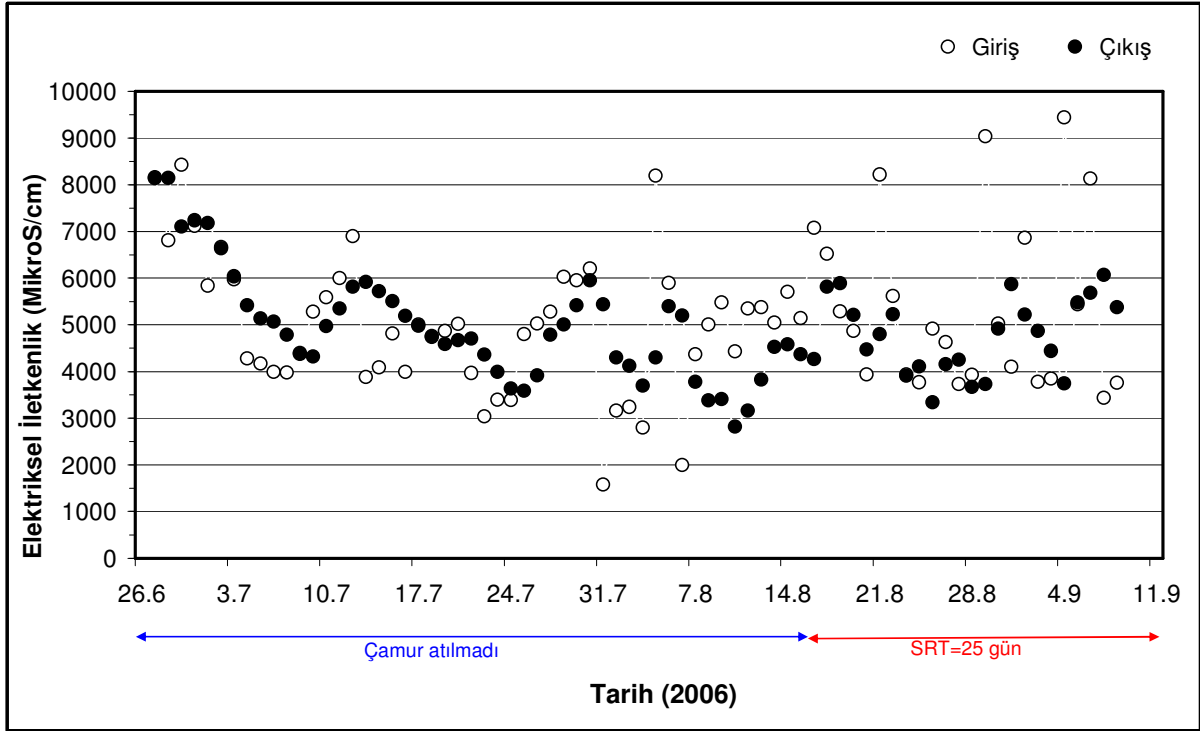
Şekil 55. MBR işletimi boyunca reaktör pH değerleri



Şekil 56. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış pH değerleri



Şekil 57. MBR işletimi boyunca reaktör elektriksel iletkenlik değerleri



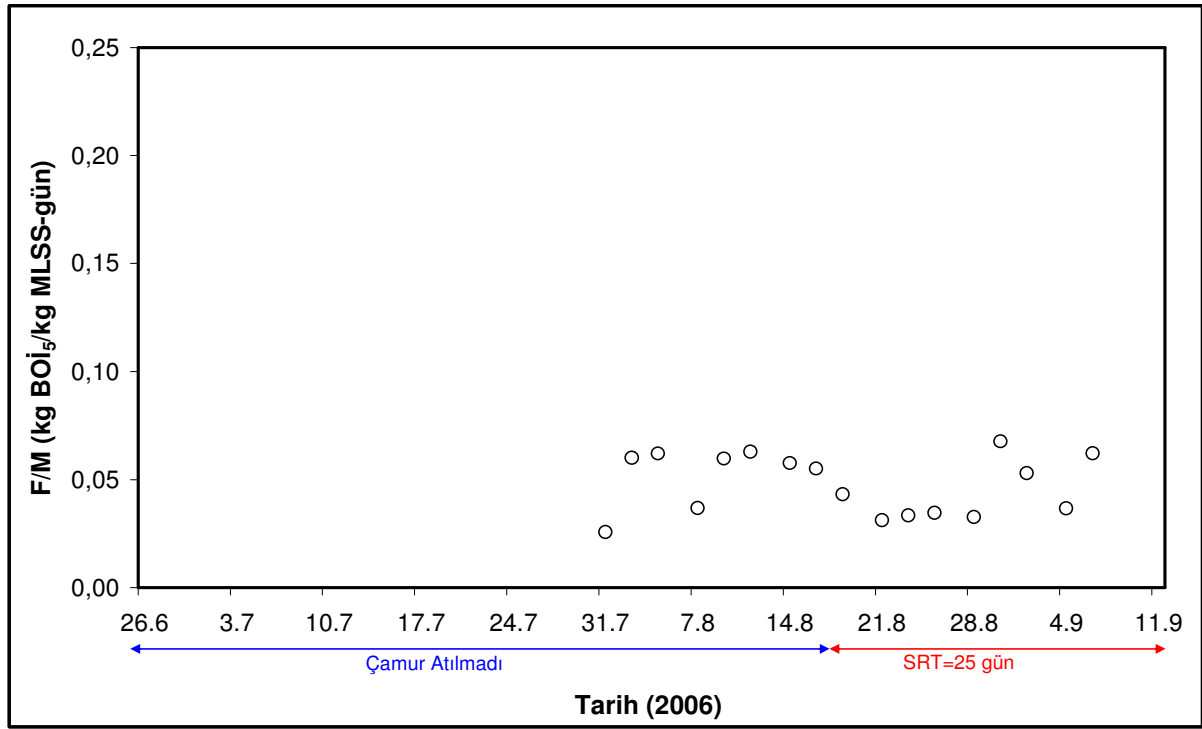
Şekil 58. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış elektriksel iletkenlik değerleri

MBR sisteminin işletimi süresince F/M oranı (bağıntı 1.1) değişimleri Şekil 59'da gösterilmiştir. Birinci aşama denemelerinde F/M, 0,026 ile 0,063 kg BOİ₅/kg MLSS-gün değerleri arasında salınım göstermiştir. Birinci aşama denemelerinde kademeli olarak artan MLSS konsantrasyonuna rağmen giriş atıksuyundaki yüksek organik kirlilikten dolayı F/M değeri artmıştır. İkinci aşama denemelerinde MLSS konsantrasyonunun başlangıçta azalması daha sonra kararlı hale ulaşip sabitlenmesi ile F/M değeri birinci aşamadaki değerlere yakın değerlerde tespit edilmiştir. İkinci aşamada maksimum F/M 0,068 kg BOİ₅/kg MLSS-gün değerinde tespit edilmiştir.

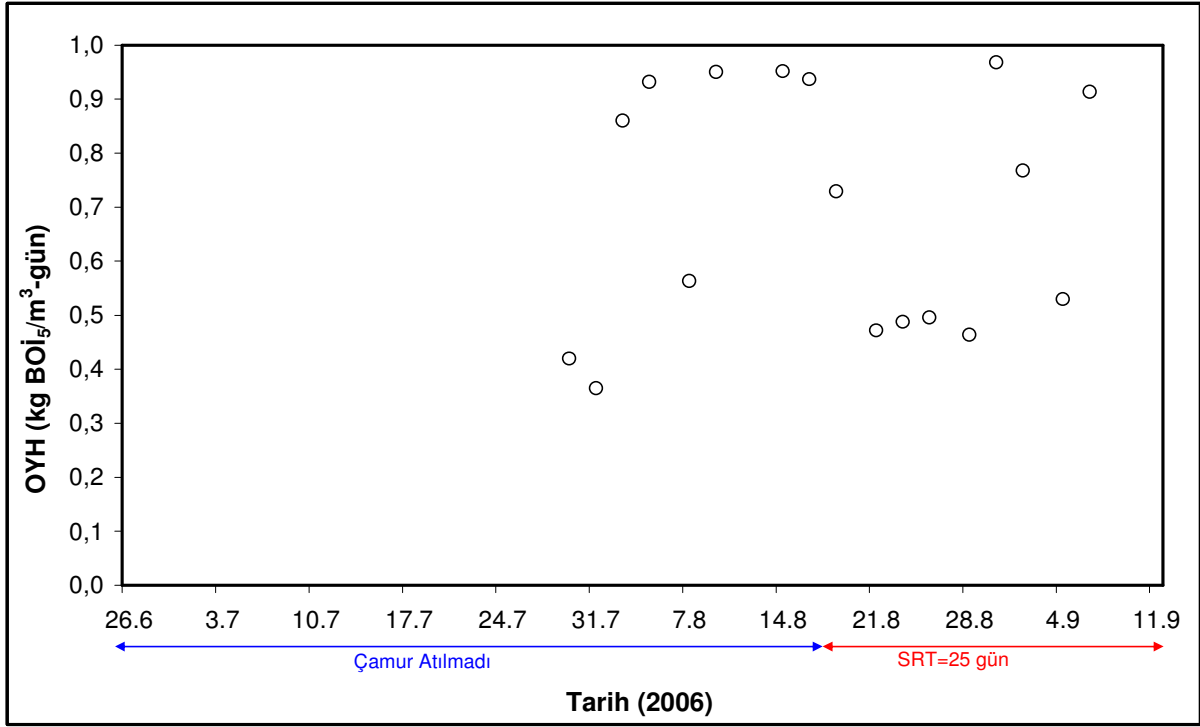
Şekil 60'ta MBR sisteminin işletimi süresince organik yükleme hızlarının (OYH) (bağıntı 1.2) değişimi gösterilmiştir. OYH değeri, birinci ve ikinci aşamalarda giriş debisi yaklaşık sabit olduğundan, sadece ham atıksuyun BOİ₅ değeri ile ilintilidir. Bu aşamalarda OYH değeri 0,237 ile 0,970 kg BOİ₅/m³-gün arasında değişim göstermiştir. Benzer şekilde, konvansiyonel aktif çamur tesislerinde tipik OYH 0,3-0,6 kg BOİ₅/m³-gün aralığındadır.

Şekil 61'de spesifik substrat giderim hızı (U) (bağıntı 1.3) değişimi gösterilmiştir. Tüm işletim boyunca U değeri 0,025-0,066 mg giderilen BOİ₅/mg MLVSS-gün aralığında

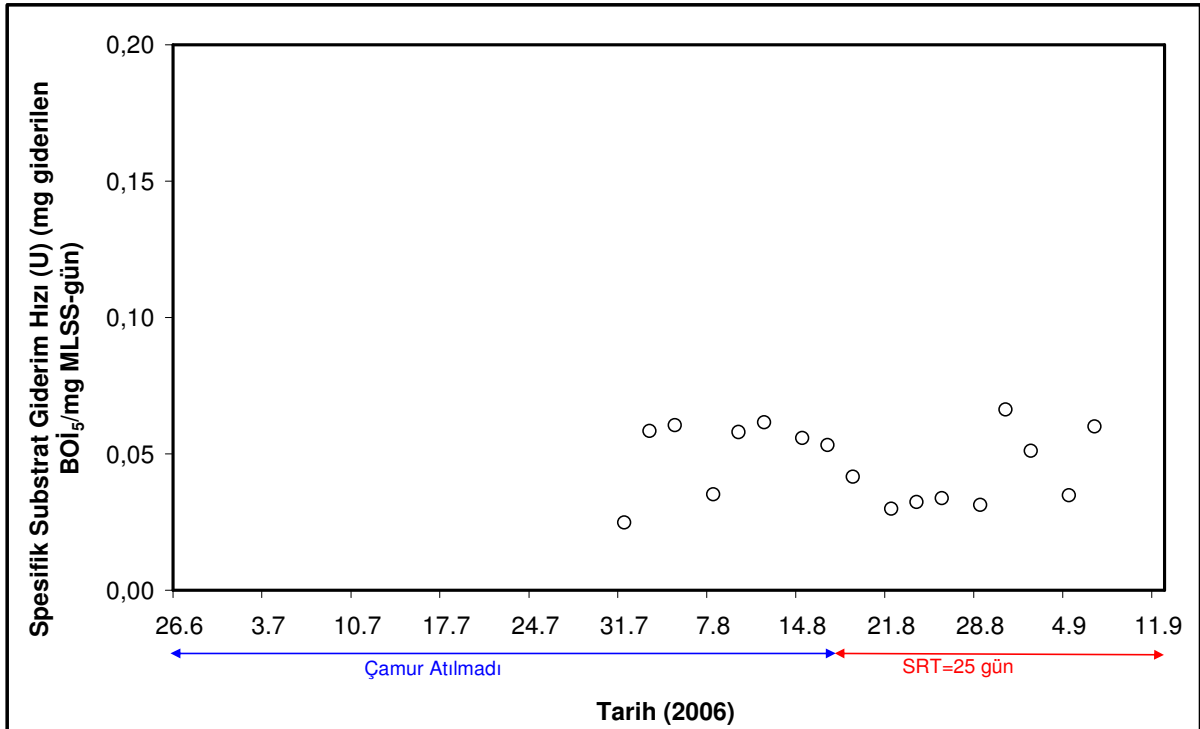
değişmiştir. Konvansiyonel aktif çamur tesislerinde ortalama tipik U değerleri 0,20-0,30 mg giderilen BOİ₅/mg MLVSS-gün aralığındadır. Birinci aşama denemeleri süresince artan MLSS konsantrasyonundan dolayı U değeri azalması gerekirken giriş atıksuyundaki BOİ₅ değerinin yükselmesi ile U değeri artış göstermiştir. İkinci aşama işletimin başlamasıyla azalan MLSS konsantrasyonundan dolayı U değeri yükselmeye başlamıştır ve 30 Ağustos 2006 tarihinde 0,066 mg giderilen BOİ₅/mg MLVSS-gün değerine ulaşmıştır.



Şekil 59. MBR işletimi boyunca reaktördeki F/M oranı değerleri



Şekil 60. MBR işletimi boyunca reaktöre organik yükleme hızı değerleri

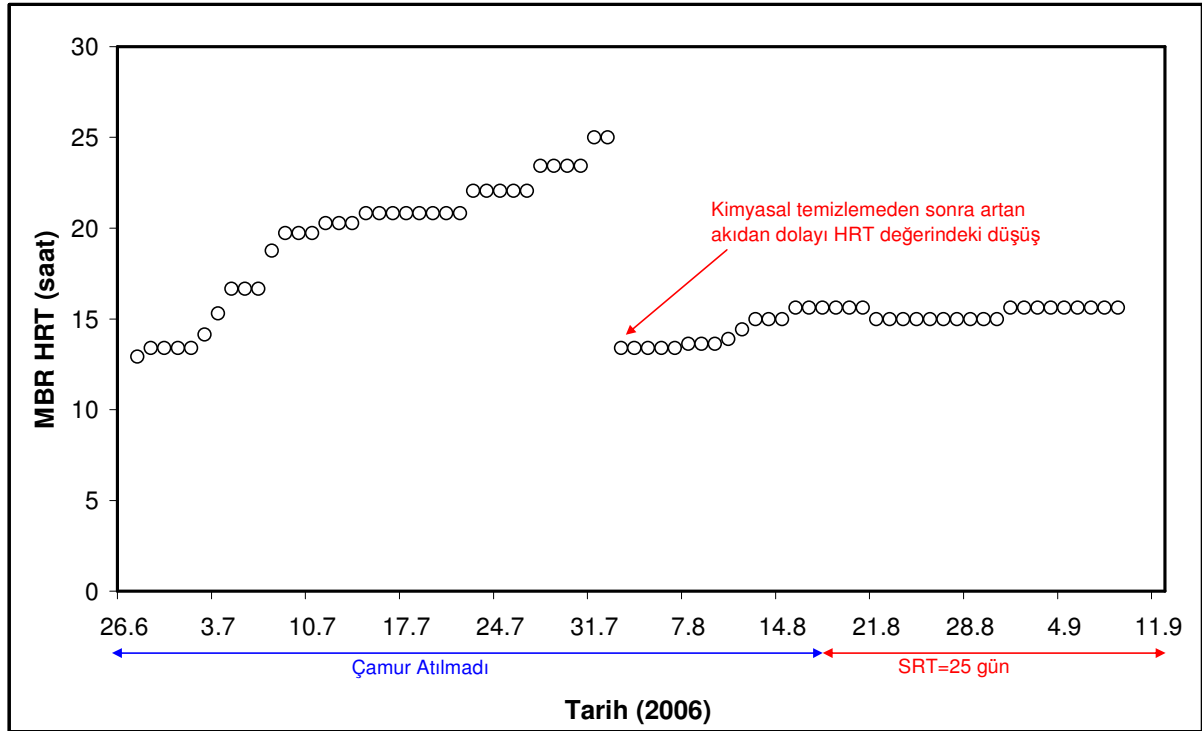


Şekil 61. MBR işletimi boyunca reaktörde spesifik substrat giderim hızı değerleri

MBR sisteminin işletimi süresince reaktördeki hidrolik bekleme süreleri (HRT) Şekil 62'de gösterilmiştir. HRT birinci aşamanın başlangıcında sistemin 20 L/m²-saat akı değerinde

çalıştırılması ile yaklaşık 13 saat olarak başlamıştır. Birinci aşama denemelerinde membranın tıkanmaya başlaması ile birlikte çekilen permeyt debisi azalmıştır ve dolayısıyla HRT değeri yükselmiştir. HRT değeri, 1 Ağustos 2006 tarihinde 25 saat olmuştur. Uygulanan üçüncül temizleme sonrasında HRT 13,4 saat değerine düşmüştür. İkinci aşama denemelerinde MLSS konsantrasyonunun sabit seyretmesi sebebiyle sistemde geri dönüşümsüz tıkanma meydana gelmemiştir ve HRT ortalama 15 saat değerinde seyretmiştir.

Tablo 62, tüm işletim boyunca giriş atıksuyunda yapılan analiz sonuçlarını istatistiksel olarak özetlemektedir. Tablodan görüleceği üzere, giriş atıksuyu karakteri ciddi salınımlar göstermiştir. Pamuklu tekstil ürünleri üreten fabrikadaki atıksuların karakteri günlük olarak proseslerde uygulanan farklı işlemlerden (üretilen ürün özelliklerine göre farklı boya türlerinin farklı konsantrasyonlarda kullanılması, farklı kimyasalların kullanılması, ürün geliştirme çalışmalarının yapılması vs.) ve Pazar günleri bazı işletmelerin temizlik amacı ile çalışmaya ara vermeleri gibi sebeplerden dolayı çok değişkenlik göstermiştir.

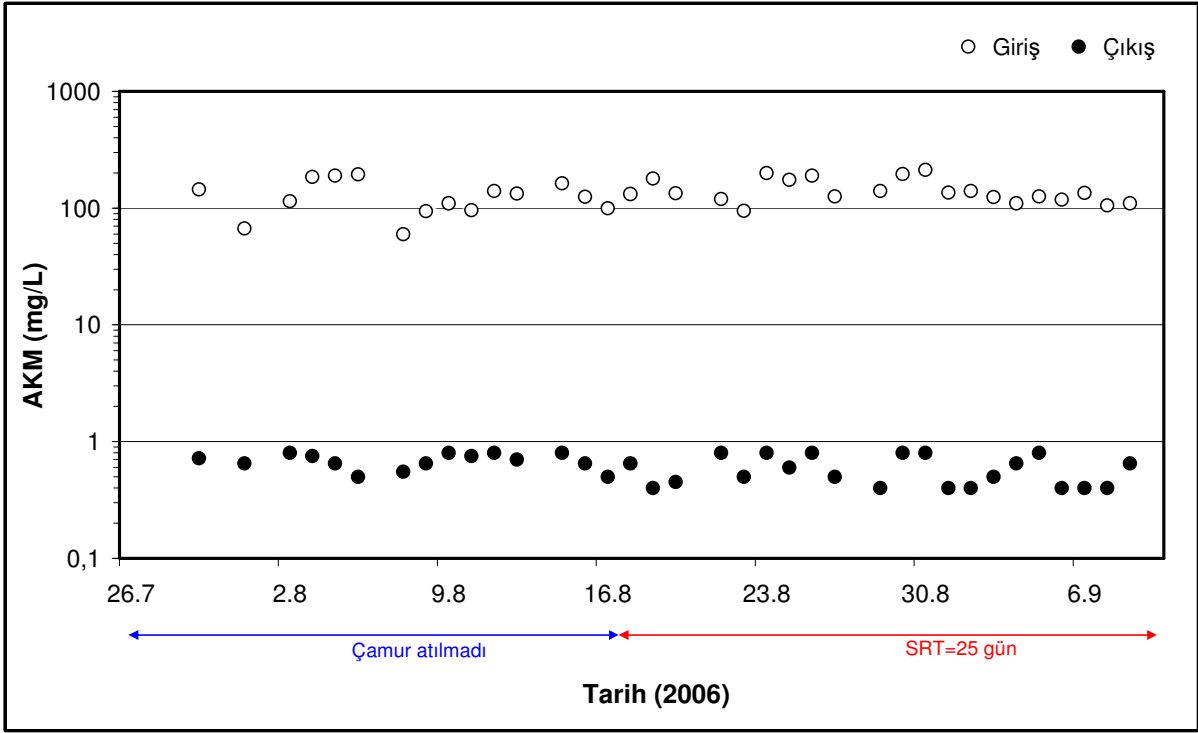


Tablo 62. Tüm işletim boyunca giriş atıksuyu analiz sonuçları

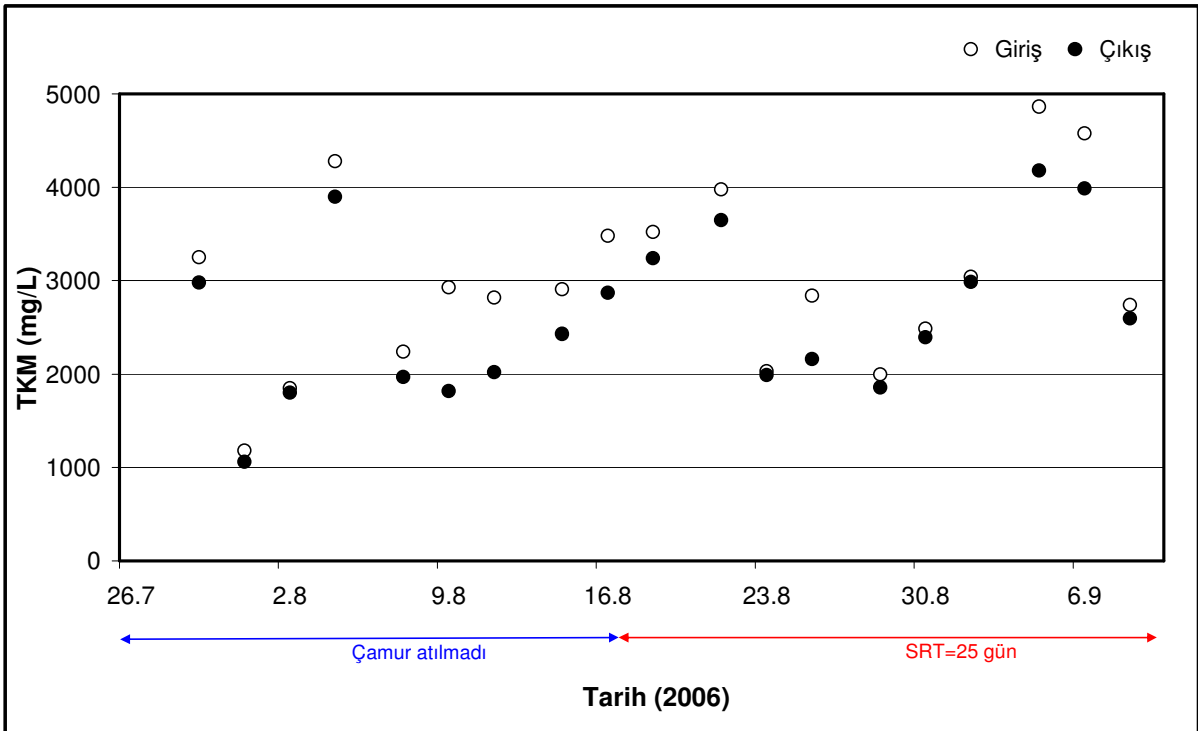
Parametre	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart Sapma
BOİ ₅ (mg/L)	610	290	455	123
KOİ (mg/L)	2278	686	1411	406
pH	9,88	6,77	8,65	0,41
NH ₃ -N (mg/L)	28,0	4,8	11,2	5,5
NO ₃ -N (mg/L)	76,5	16,3	42,6	14
NO ₂ -N (mg/L)	1,13	0,14	0,35	0,24
TKN (mg/L)	7,9	2,3	4,2	1,3
TN (mg/L)	81,0	19,5	49,2	15,0
AKM (mg/L)	212	60	137	38
Bulanıklık (NTU)	419	194	294	66
İletkenlik (µs/cm)	9440	1578	5125	1589
Sıcaklık ^a (°C)	26,9	17,7	22,6	1,9
Renk (Pt Co Unit)	8100	286	2447	1529

^a Proses tankındaki sıcaklık.

Şekil 63 ve 64 sırasıyla MBR sisteminin 26 Temmuz 2006-8 Eylül 2006 tarihleri arasındaki işletim süresi boyunca askıda katı madde (AKM) ve toplam katı madde (TKM) giderimlerini göstermektedir. AKM giderimi tüm işletim süresince çok üstün performansta gerçekleşmiştir. Tüm işletim süresince permeyit AKM değeri <1 mg/L olmuştur. Ayrıca AKM giderim performansı giriş AKM konsantrasyonlarındaki varyasyonlardan da bağımsızdır. AKM giderimi ultrafiltrasyon işleminden dolayı çamurun çökelebilmeye, MLSS konsantrasyonu, SRT ve diğer işletim parametrelerinden bağımsız olarak sürekli yüksek seviyede gerçekleşmiştir. TKM giderimi sadece AKM gideriminden kaynaklanmaktadır; toplam çözünmüş katılar (TÇK) ultrafiltrasyon ile giderilemediğinden TKM giderim verimi düşük seviyede gözlenmiştir. Tüm işletim süresince arıtılmış suda ortalama TKM konsantrasyonu 2620 mg/L, giriş atıksuyunda ortalama 3000 mg/L'dir. AKM ve TKM giderim verimlerinin MBR sistemine uygulanan iki farklı işletim aşamasından bağımsız olduğu gözlenmiştir.



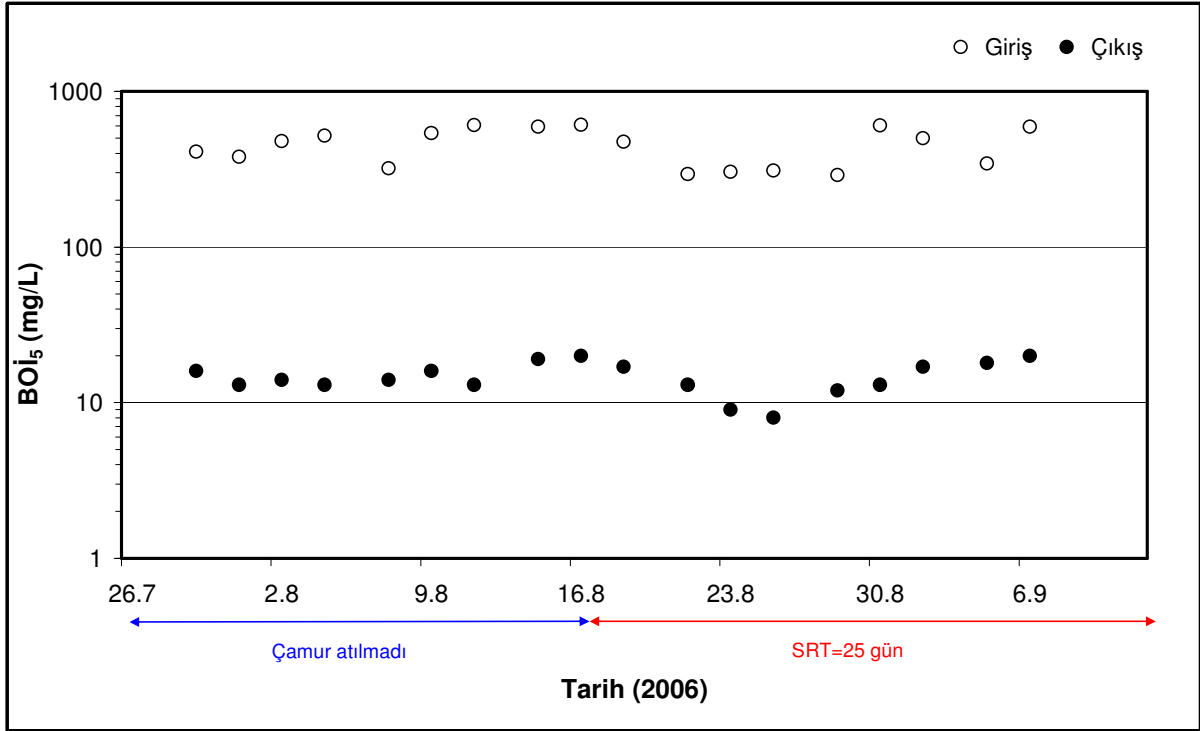
Şekil 63. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış askıda katı madde değerleri



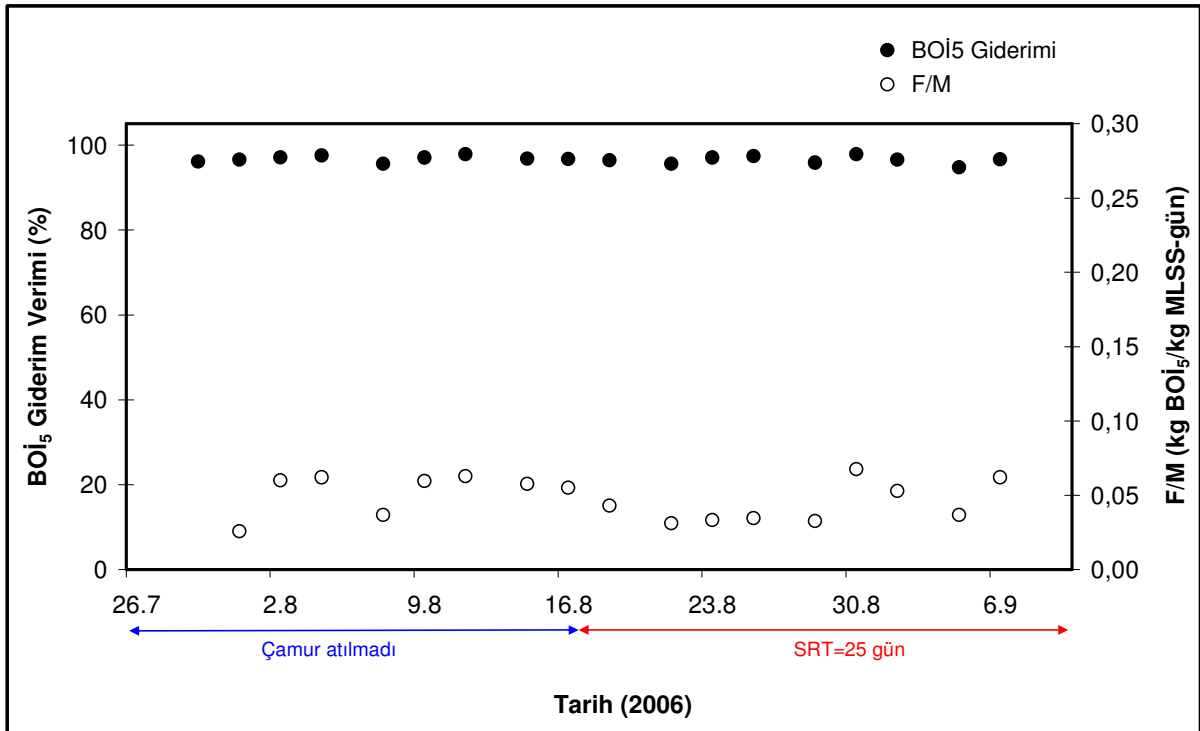
Şekil 64. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam katı madde değerleri

MBR sisteminin işletimi süresince giriş ve çıkış BOI_5 değerleri Şekil 65'te gösterilmiştir. Sisteminin kararlı hale ulaşmasıyla birlikte 29 Temmuz 2006 tarihinden itibaren yapılan BOI_5

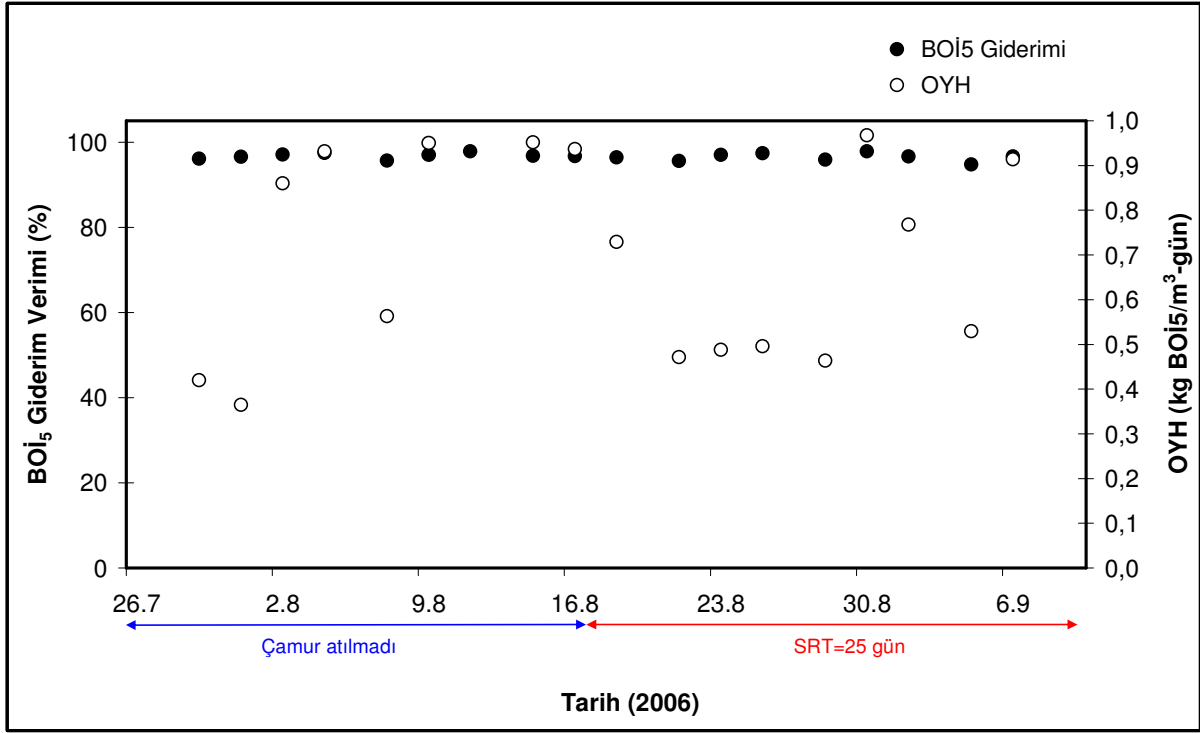
analizlerinde, giriş atıksuyu BOİ₅ konsantrasyonlarından bağımsız olarak, çıkış suyu BOİ₅ değerleri 20 mg/L'den küçük olmuştur. Giriş BOİ₅ konsantrasyonları çok değişkenlik gösterse de, MBR ünitesi BOİ₅ giderimi açısından da çok iyi performans sergilemiştir. Bu başarılı performans SRT'nin sonsuz ve 25 gün olduğu ortalama akı (20 L/m²-saat) denemelerinde (1. ve 2. aşama) devam etmiştir. Birinci aşamada artan MLSS konsantrasyonları, ikinci aşamada önce azalan sonra sabit kalan MLSS konsantrasyonları ve ham atıksu BOİ₅ değerinden etkilenerek devamlı salınımlar gösteren F/M ve OYH değerlerinden bağımsız olarak, biyolojik olarak parçalanabilir organik maddelerin oksidasyonu tüm işletim boyunca tam olarak gerçekleşmiştir. SRT'nin 25 gün olduğu ikinci aşama denemelerinin ilk 8 gününde biyokütle içeriğinin tazelenmesi ile BOİ₅ giderim verimi birinci aşamaya kıyasla %2 daha yüksek olmuştur. Tüm işletim boyunca F/M ve OYH değerlerinin değişimi ile BOİ₅ giderim verimleri arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 66 ve Şekil 67'de gösterilmiştir. Bu şekillerden de görüleceği üzere iki farklı işletim aşamasında da değişen F/M ve OYH değerleri BOİ₅ giderim verimini etkilememiştir. MBR sistemi F/M ve OYH değerlerindeki tüm salınımları tolere ederek sabit ve yüksek derecede BOİ₅ giderim verimi sağlamıştır. Ayrıca, önceki paragraflarda tartışıldığı üzere, giriş atıksuyunda çözünmüş tuzların ani artışları (Şekil 67) gibi biyolojik aktiviteyi olumsuz etkileyebilecek diğer faktörler de biyooksidasyonu etkilememiştir. Yüksek MLSS konsantrasyonları ve geniş spektrumda biyokütle içeriği MBR'larda bu performansı sağlamaktadır. Tüm bunlar MBR'ların salt membran teknolojisi açısından değil aynı zamanda biyolojik aktiviteler açısından da avantajlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 65. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış BOI_5 değerleri

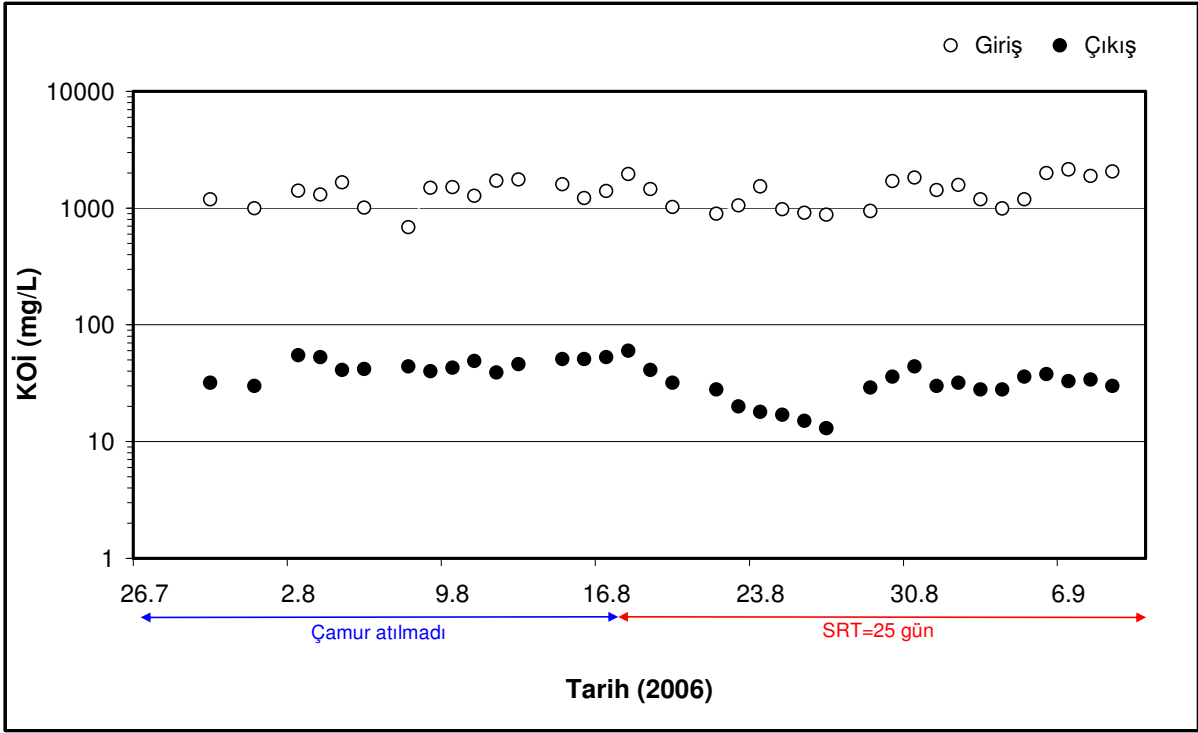


Şekil 66. MBR işletimi boyunca F/M oranı ile BOI_5 giderim verimi ilişkisi

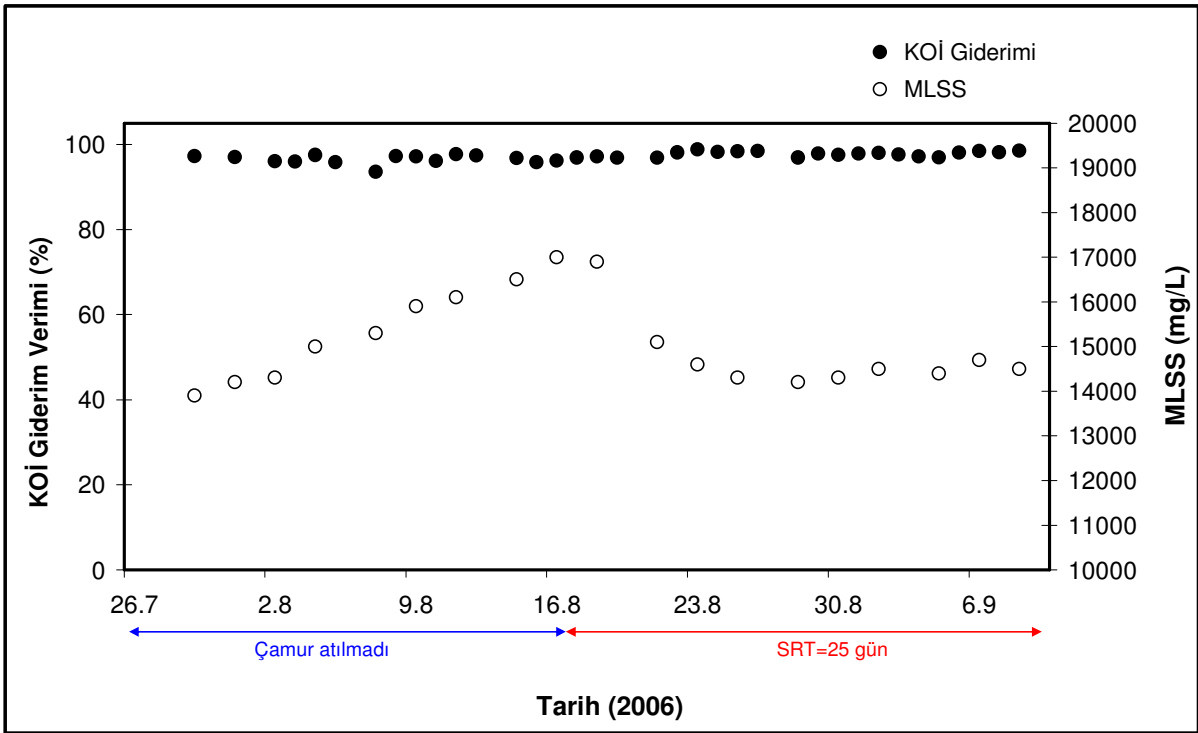


Şekil 67. MBR işletimi boyunca OYH ile BOI₅ giderim verimi ilişkisi

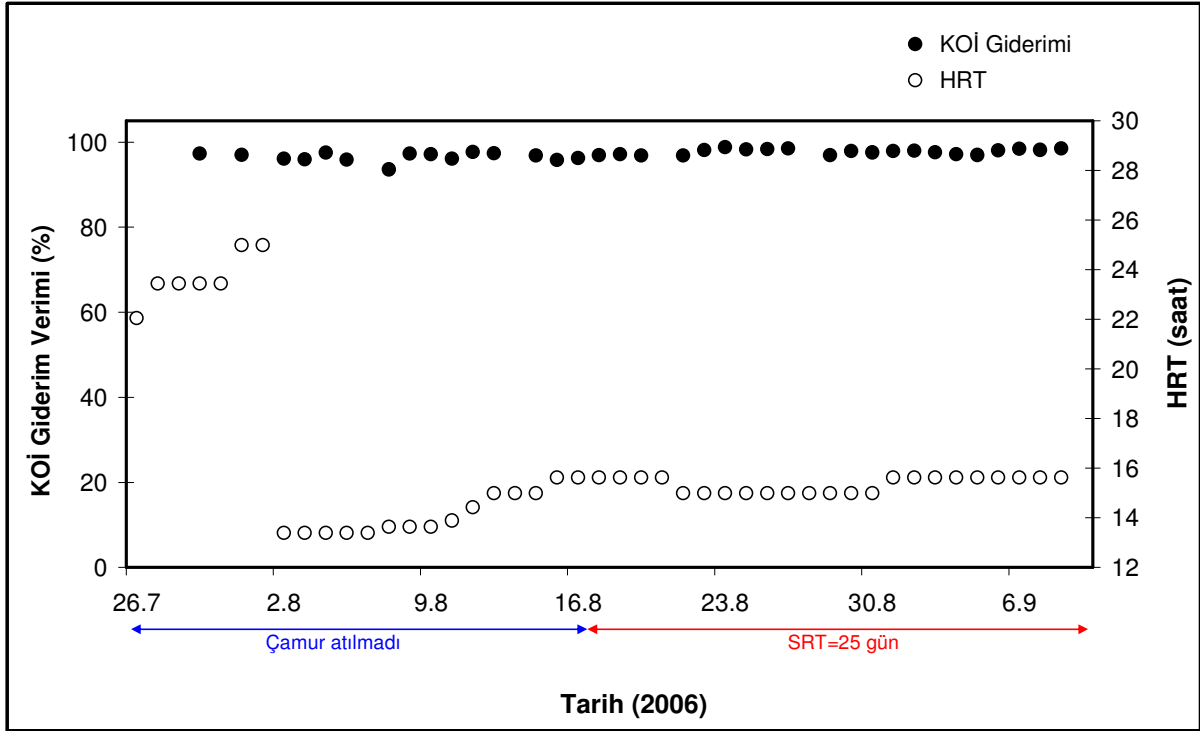
Şekil 68 MBR sisteminin işletimi süresince toplam KOİ giderimini göstermektedir. KOİ ölçümlerinde numuneler filtre edilmediği için ölçülen KOİ hem çözülmüş hem de partiküler organik maddeleri temsil etmektedir. KOİ giderim verimi de BOI₅'de olduğu gibi elektriksel iletkenlik değerlerinin salınımlarından olumsuz yönde etkilenmemiştir. İşletim süresi boyunca çıkış suyundaki toplam KOİ konsantrasyonu ortalama 40 mg/L değerindedir. İki farklı işletim aşamasında da KOİ giderim verimi SRT, MLSS (Şekil 69), F/M, OYH parametrelerinin ve giriş KOİ konsantrasyonunun değişiminden etkilenmeden yüksek derecede gerçekleşmiştir. Aynı BOI₅ giderim veriminde olduğu gibi ikinci aşama denemelerinin ilk 8 gününde reaktör içeriğindeki mikroorganizmaların tazelenmesi sebebiyle KOİ giderim verimi de birinci aşamaya kıyasla daha yüksek olmuştur. Birinci aşama denemelerinde membran yıkanması sebebiyle artan HRT ve temizlik sonrasında düşen HRT değerleri KOİ giderim verimini olumsuz yönde etkilememiştir (Şekil 70).



Şekil 68. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış KOİ değerleri



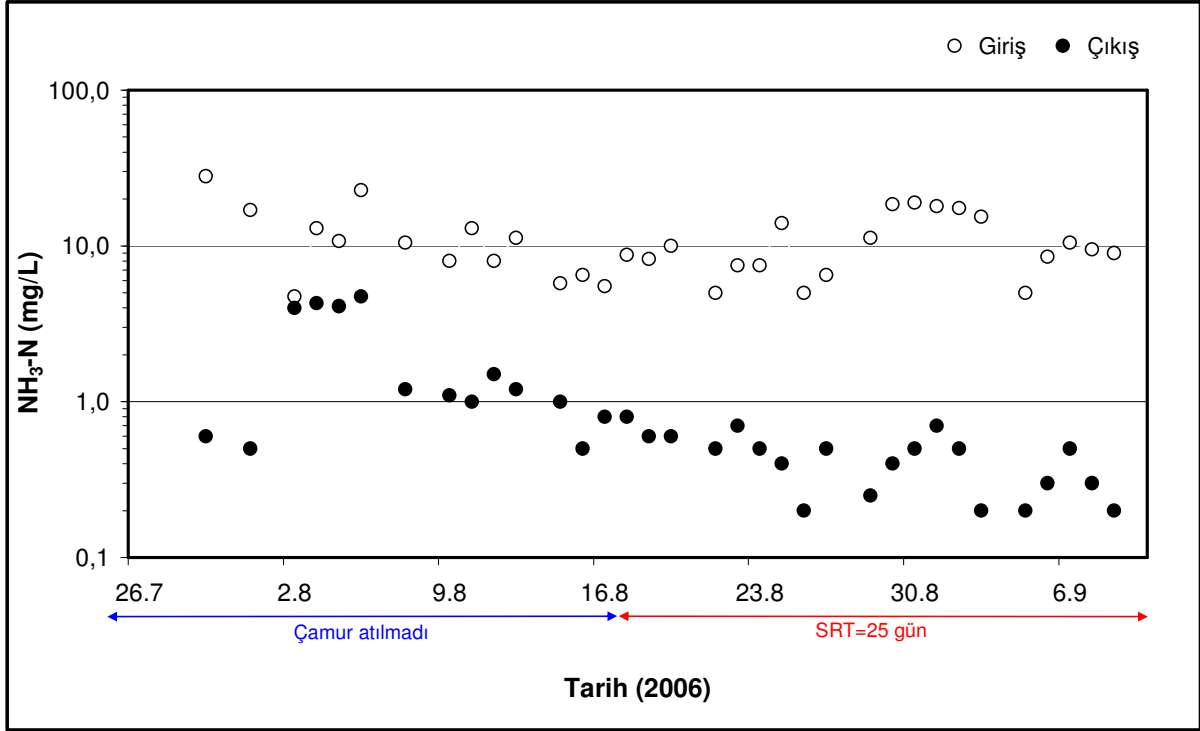
Şekil 69. MBR işletimi boyunca MLSS ile KOİ giderim verimi ilişkisi



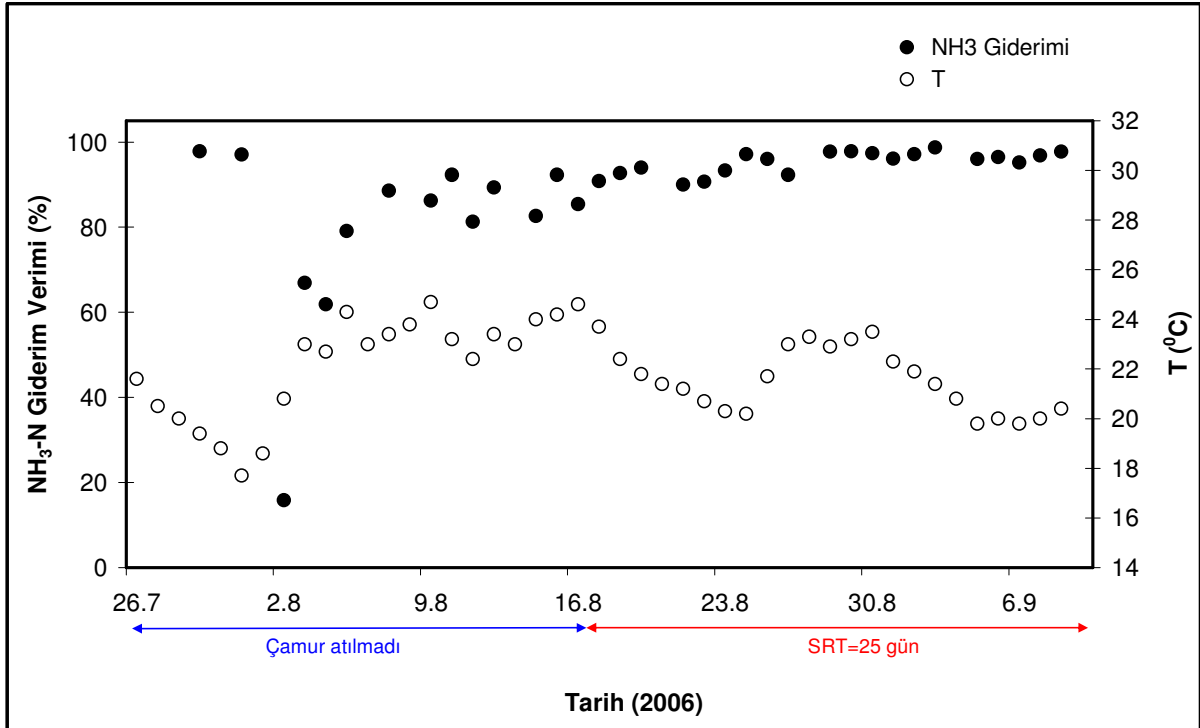
Şekil 70. MBR işletimi boyunca HRT ile KOİ giderim verimi ilişkisi

MBR sisteminin işletimi boyunca amonyak azotunun ($\text{NH}_3\text{-N}$) giriş ve çıkış konsantrasyonları Şekil 71'de gösterilmiştir. MBR işletiminin iki aşamasında da çıkış suyundaki $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu ortalama olarak 1 mg/L değerinde olmuştur. Elektriksel iletkenliğinin pik yaptığı günlerden sonra reaktör içerisinde yüksek olan elektriksel iletkenlik değerleri nitrifikasyonu inhibe etmemiştir ve tam nitrifikasyon devamlı olarak gerçekleşmiştir. Nitrifikasyon sadece birinci işletim aşamasında tıkanma dolayısıyla membranın temizlenmesinden sonra HRT'deki düşüş sebebiyle inhibe olmuştur. Nitrifikasyon bir miktar olumsuz etkilenmiş ve çıkış $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları 5 mg/L'lere kadar artmıştır. HRT'nin bir anda azalması, spesifik büyüme hızları heterotrofik bakterilere göre daha yavaş olan nitrifikasyon bakterilerini kinetik açıdan etkilemiştir. Ayrıca, nitrifikasyon bakterilerinin işletim parametrelerindeki ani değişimleri de çok az tolere edebildiği bilinmektedir. Ancak nitrifikasyon bakterilerinin düşük HRT değerindeki reaktör şartlarına aklime olmasıyla $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu 1 mg/L'nin altına düşmüştür. Bu yeni adaptasyon dönemi yaklaşık 10 gün sürmüştür. Öte yandan genel olarak, nitrifikasyon SRT, CO , OYH, F/M, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik parametrelerinden ve bunların salınımlarından etkilenmemiştir. Konvansiyonel aktif çamur sistemlerinde tam nitrifikasyonu sürekli sağlamanın ne denli zor olduğu bilinmektedir. Çünkü nitrifikasyon çok kırılğan ve hassas bir proses olup sıcaklık, CO ,

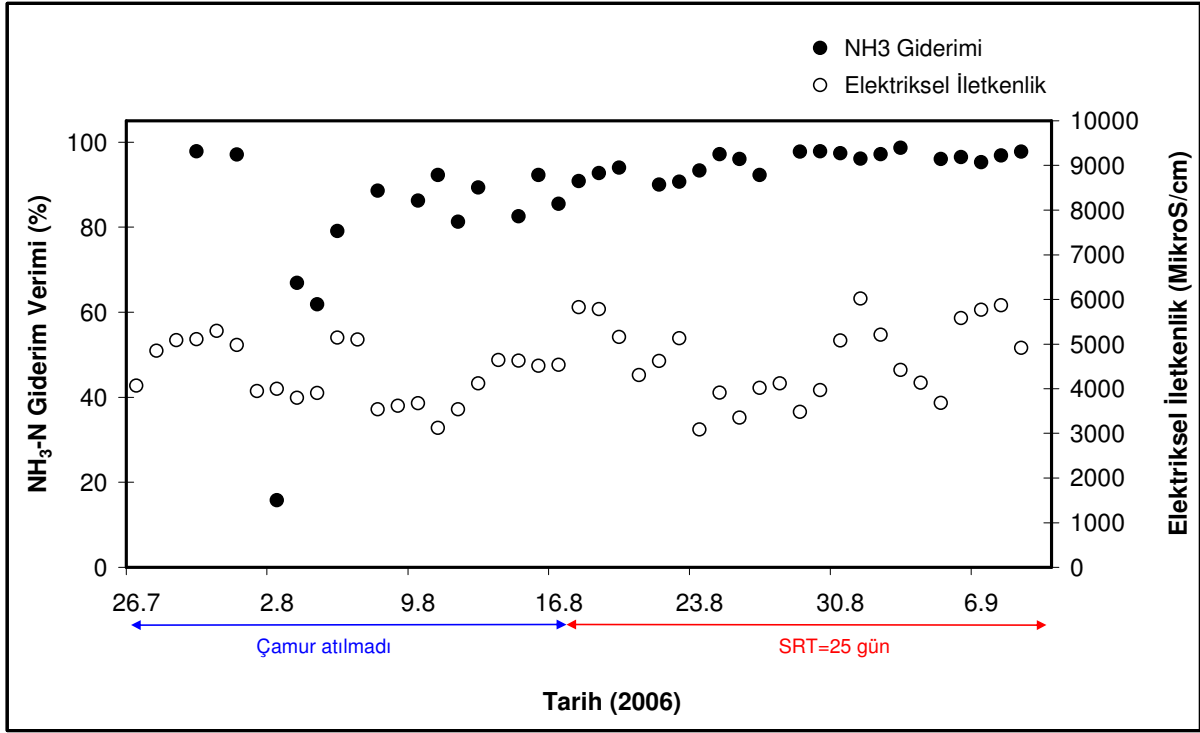
SRT, inhibe edici toksik maddeler ve diğ er işletim parametrelerinden çok ç abuk etkilenir. Bu bağ lamda da MBR'ların avantajı aşıkardır. NH₃-N giderim verimi ile sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve HRT parametrelerinin ilişkileri sırasıyla Şekil 72, 73 ve 74'te gösterilmiştir.



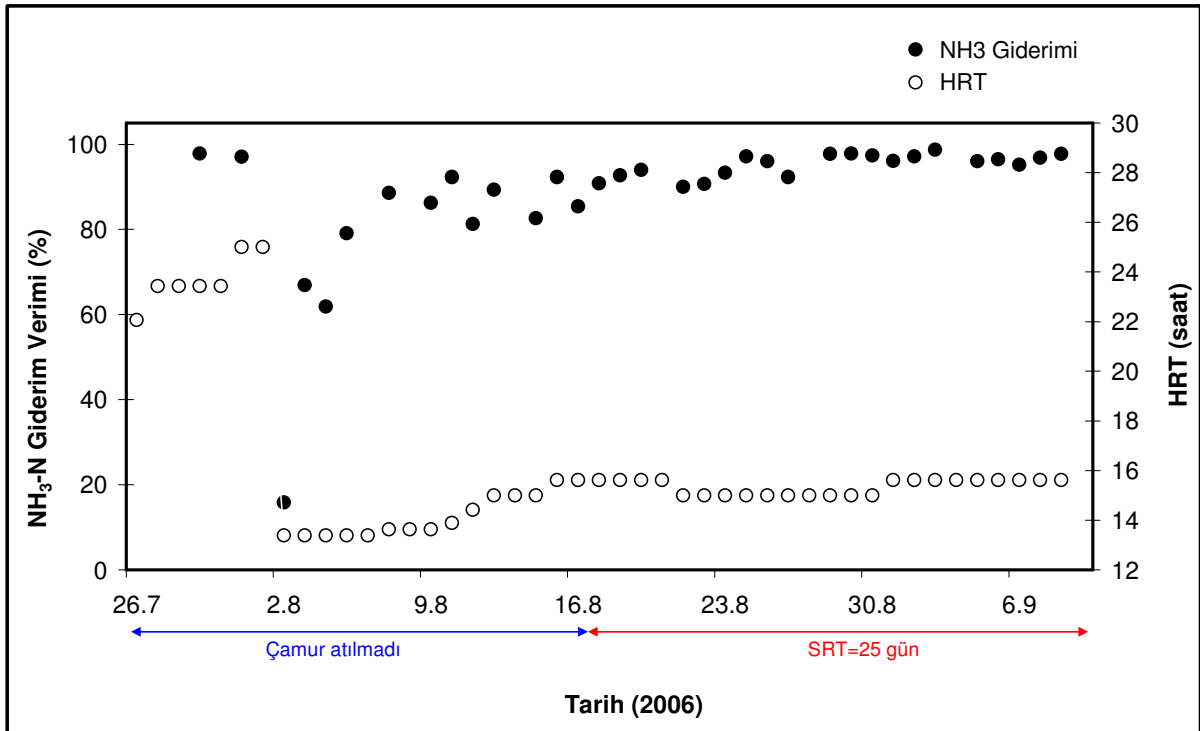
Şekil 71. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve ç ıkış amonyak değerleri



Şekil 72. MBR işletimi boyunca sıcaklık ile amonyak giderim verimi ilişkisi



Şekil 73. MBR işletimi boyunca elektriksel iletkenlik ile amonyak giderim verimi ilişkisi



Şekil 74. MBR işletimi boyunca HRT ile amonyak giderim verimi ilişkisi

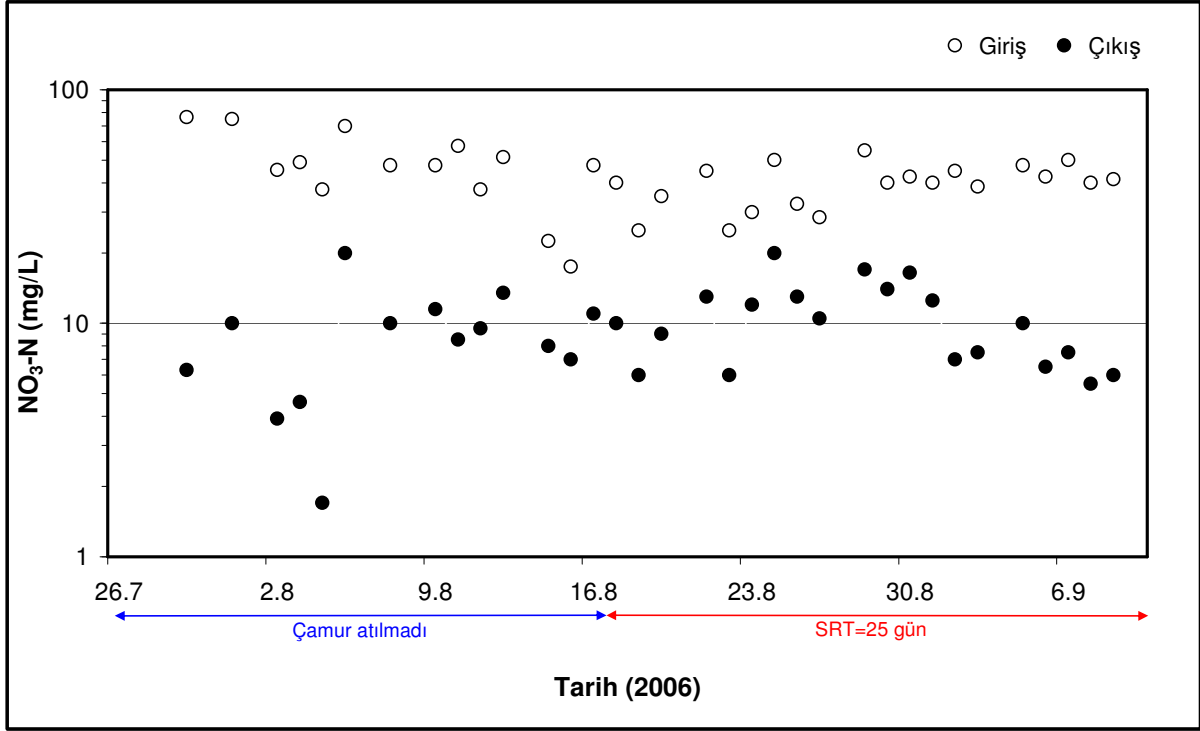
Şekil 75 ve 76 MBR sisteminin işletimi boyunca nitrat azotu (NO₃-N) ve nitrit azotu (NO₂-N) giderimlerini göstermektedir. İşletilen sistemde anoksik tank ilavesiyle denitrifikasyon

uygulanmamıştır. Ancak yüksek MLSS konsantrasyonu (13000-17000 mg/L) sebebiyle floklar arasında anoksik bölgelerin oluşması ve reaktör tabanında oluşan anoksik tabaka sayesinde denitrifikasyon da gerçekleşmiş ve işletim süresince ortalama %78 toplam azot (TN) giderimi sağlanmıştır. Bu sebepten dolayı tüm işletim süresince çıkış $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonu giriş atıksuyundaki $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonundan düşük seyretmiştir. Tüm işletim boyunca giriş ve çıkış $\text{NO}_2\text{-N}$ konsantrasyonları genellikle 1 mg/L'den azdır. Bu durum kısmi nitrifikasyon yerine nitrate kadar tam nitrifikasyonun gerçekleştiğini göstermektedir. Diğer bir deyişle, hem amonyak hem de nitrit oksitleyici nitrifikasyon bakterileri etkili olarak sistemde aktivite göstermişlerdir. Önceki kısımlarda tartışıldığı üzere, bu aktivite işletim parametrelerinden etkilenmemiştir.

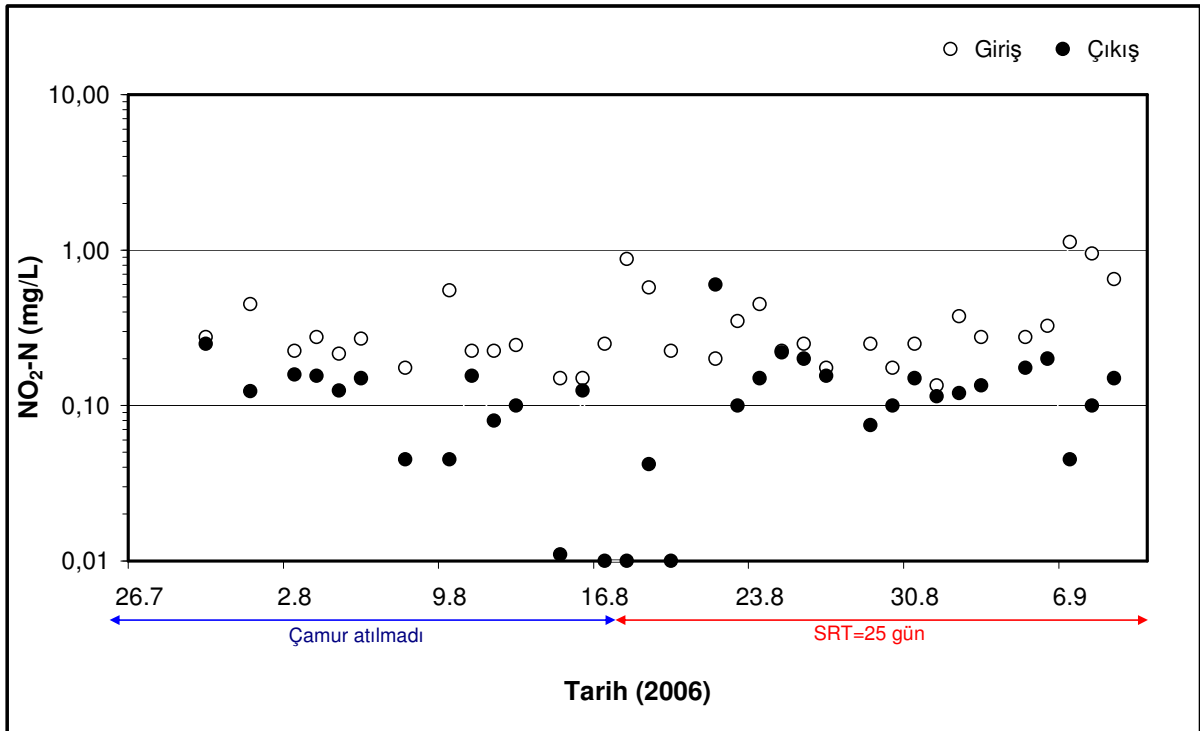
MBR sisteminin işletimi süresince giriş ve çıkış toplam kjeldahl azotu (TKN) ve toplam azot (TN) konsantrasyonları sırasıyla Şekil 77 ve 78'de gösterilmiştir. Organik azot ve amonyak azotunun toplamı olan TKN'nin giderim verimleri iki aşamada da %75–85 arasında değişmiştir. İşletim boyunca çıkış TKN konsantrasyonları genellikle 1 mg/L'den az olmuştur. Sonsuz SRT ve SRT 25 gün çalışmalarında MBR sisteminde nitrifikasyonun tam gerçekleşmesi ile TKN giderimi SRT'den bağımsız olarak üstün performans göstermiştir. TKN giderim veriminin yüksek olması, hem partiküler hem de çözünmüş organik azotun sistemde etkili bir şekilde amonifikasyonla amonyağa dönüştürüldüğünü müteakiben de nitrifikasyonla nitrate oksitlendiğini göstermektedir. MBR sisteminin işletimi aşamasında denitrifikasyon prosesinin uygulanmamasından dolayı giriş ve çıkış TN konsantrasyonlarının birbirine yakın değerlerde olması beklenmekteydi. Ancak yüksek MLSS konsantrasyonu (13000-17000 mg/L) sebebiyle floklar arasında oluşan anoksik bölgeler ve reaktör tabanında oluşan anoksik tabaka sayesinde denitrifikasyon da gerçekleşmiş ve işletim süresince ortalama %78 TN giderimi sağlanmıştır. Yukarıda da tartışıldığı üzere çıkış suyunda hem $\text{NO}_3\text{-N}$ hem de TN konsantrasyonlarının az çıkması sistemde etkili bir denitrifikasyonun olduğunun kanıtıdır. İşletim süresi boyunca giriş ve çıkış suyundaki TN konsantrasyonu ortalama olarak sırasıyla 50 ve 10 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Şekil 79'da MBR sisteminin işletimi süresince giriş ve çıkış toplam fosfor (TP) konsantrasyonları gösterilmiştir. Arıtılabilirlik çalışmasında TP giderimi hedeflenmemiştir. Şekilden de görüleceği üzere TP giderimi çok azdır ve 2 sebepten kaynaklanmış olabilir: 1) ultrafiltrasyon membranı partiküler veya kolloidal fosforu tutmaktadır, 2) reaktör içerisindeki

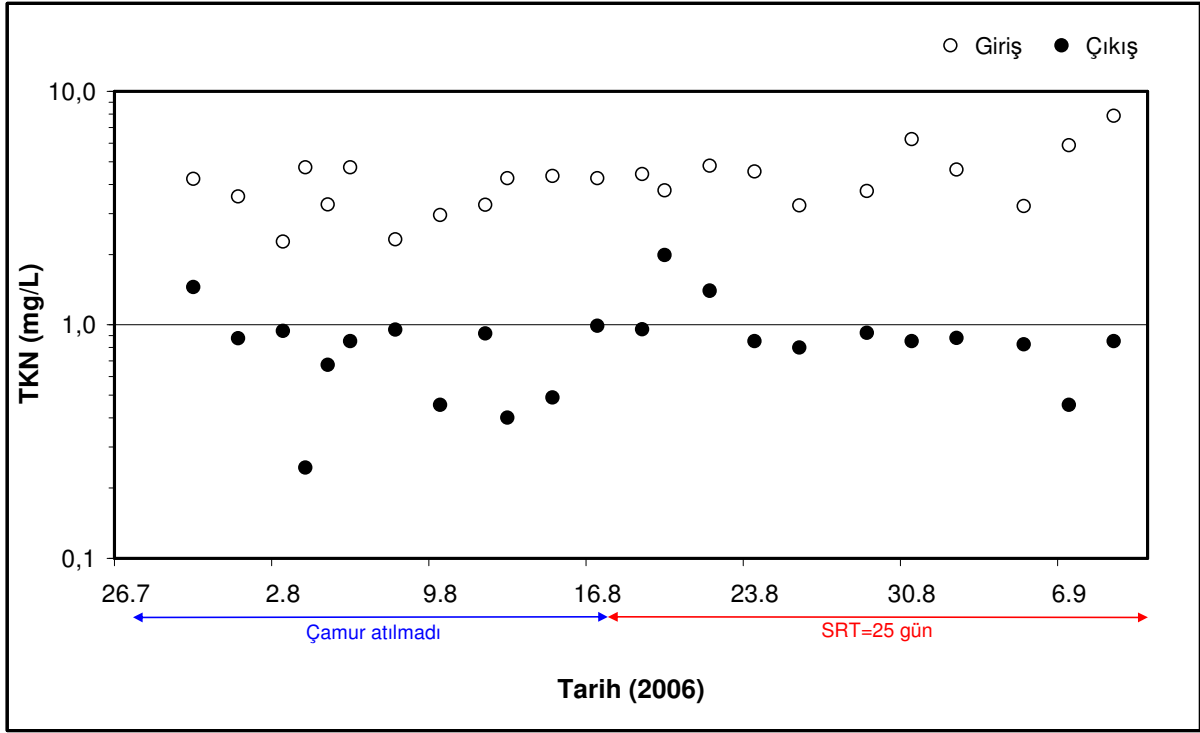
aerobik biyokütle metabolik faaliyetleri ve büyümesi için ortofosfata ihtiyaç duymaktadır. Tüm işletim boyunca çıkış TP konsantrasyonları genellikle 5 mg/L'den az olmuştur.



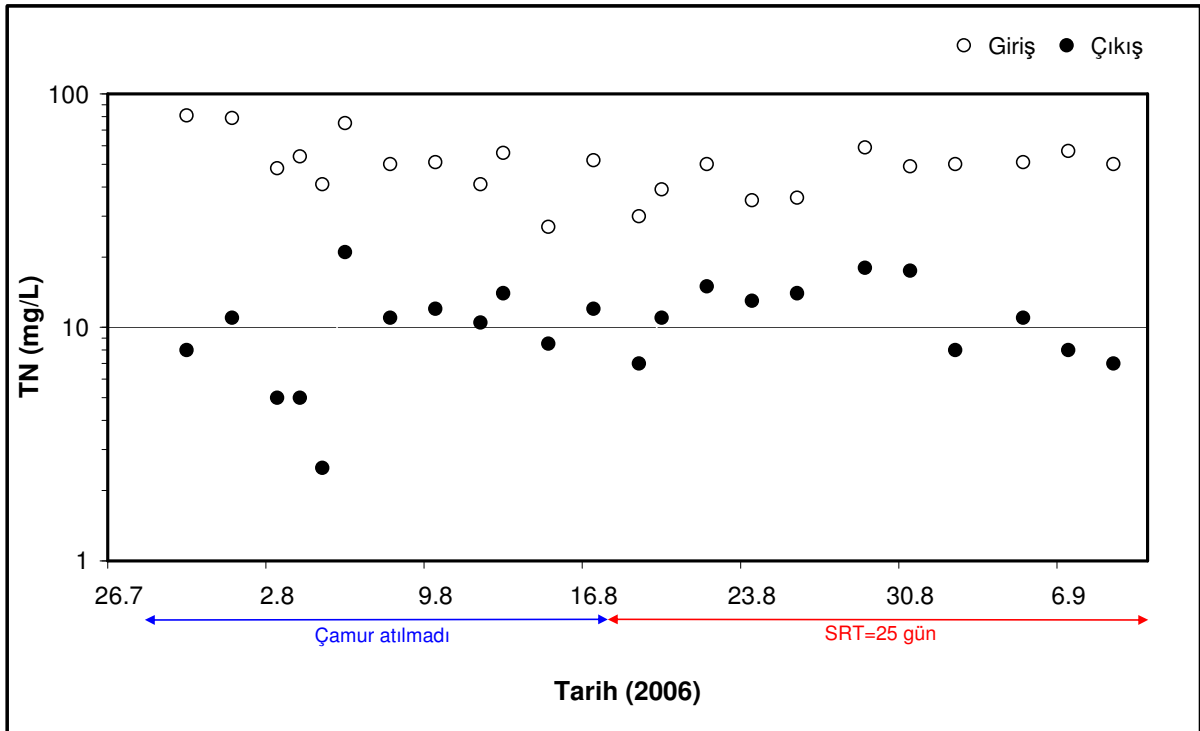
Şekil 75. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış nitrat değerleri



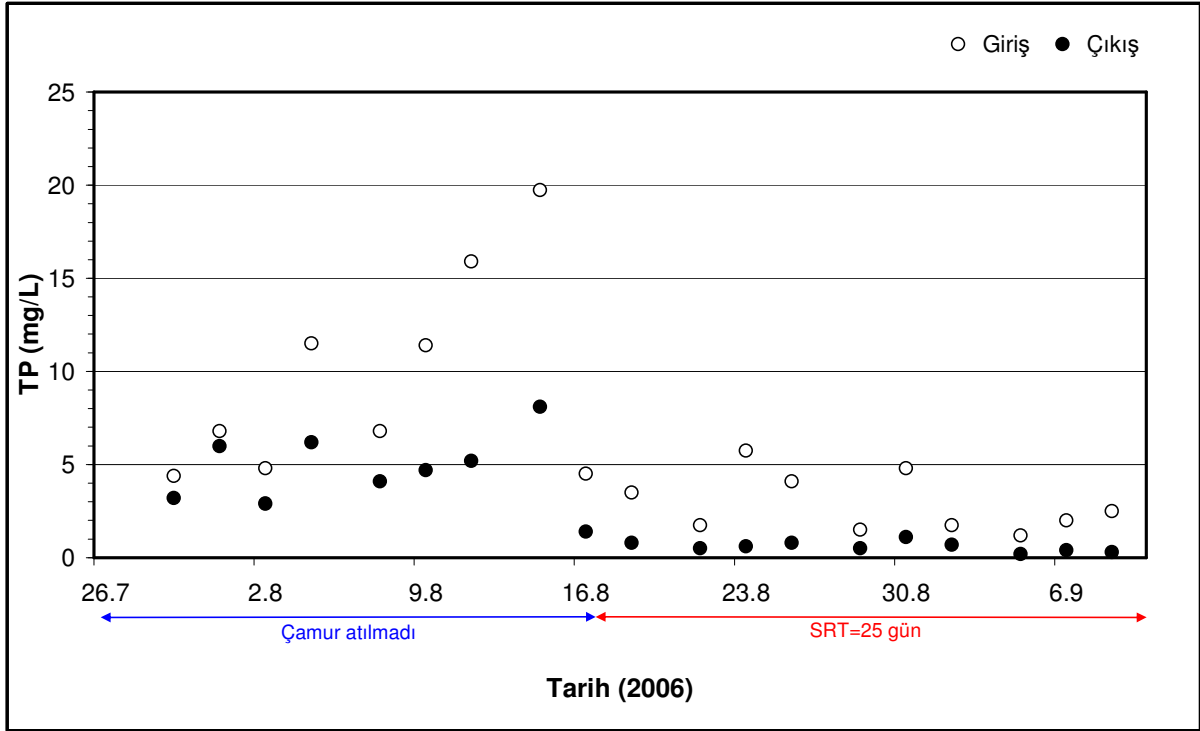
Şekil 76. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış nitrit değerleri



Şekil 77. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam kjeldahl azotu değerleri

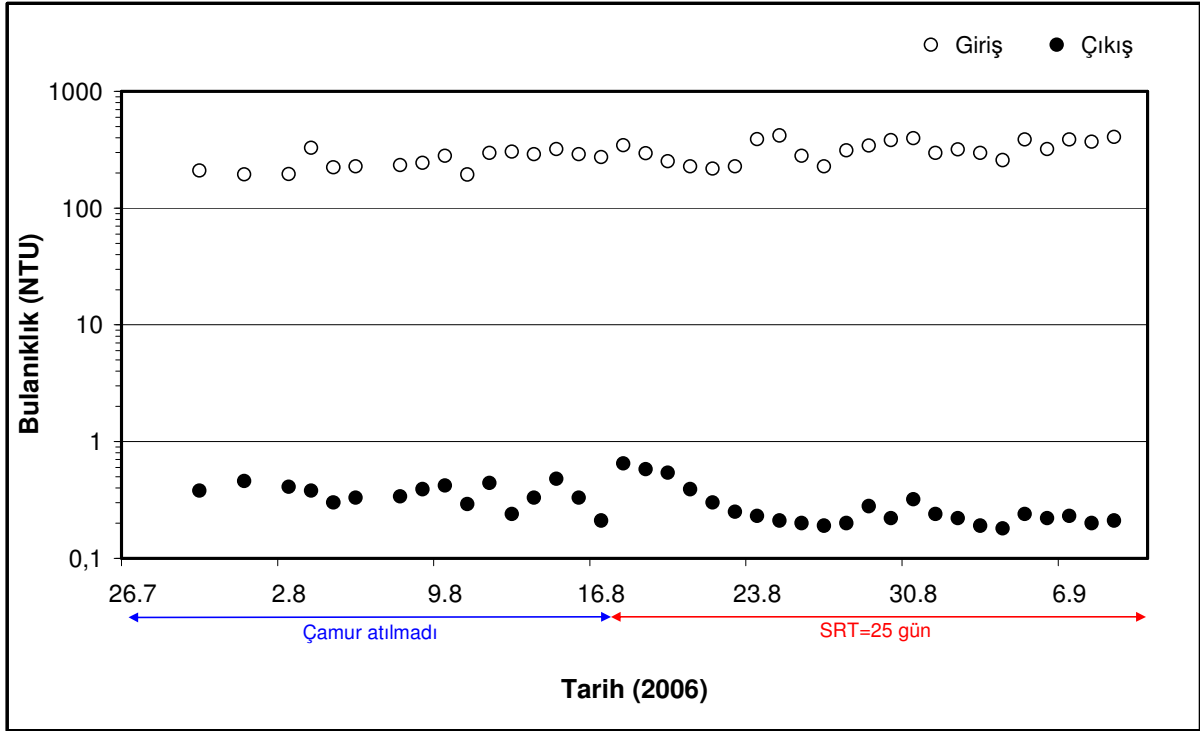


Şekil 78. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam azot değerleri



Şekil 79. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış toplam fosfor değerleri

MBR sisteminin işletimi süresince giriş ve çıkış bulanıklık değerleri Şekil 80’de gösterilmiştir. Tüm işletim süresince ve uygulanan farklı işletim aşamalarında, giriş bulanıklık değerlerinden bağımsız olarak, ortalama çıkış suyu bulanıklık değeri 0,30 NTU olmuştur. İşletim süresi boyunca çıkış suyunda maksimum ve minimum bulanıklık değerleri sırasıyla 0,465 ve 0,180 NTU olarak tespit edilmiştir. MBR’larda mikro- ya da ultrafiltrasyon membranları kullanılmaktadır. Bu çalışmada da nominal gözenek büyüklüğü yaklaşık 0.04 μm olan ultrafiltrasyon membranı kullanılmıştır. Tıkanmalar neticesinde gözenek büyüklükleri daha da küçülmektedir. Dolayısıyla, bulanıklık ve partiküler madde giderimi açısından MBR’lar çok iyi performans göstermektedir. Yapılan çalışmada bu eğilim teyit edilmiştir. MBR’ların konvansiyonel biyolojik arıtma proseslerine göre en önemli avantajlarından bir tanesi de budur. Çünkü membran filtrasyonu sayesinde çamurun çökelebilmeye, SRT, HRT, AKM ve bulanıklık gibi parametrelerden bağımsız olarak çıkış suyunda çok düşük seviyelerde AKM ve bulanıklık elde edilebilmektedir.

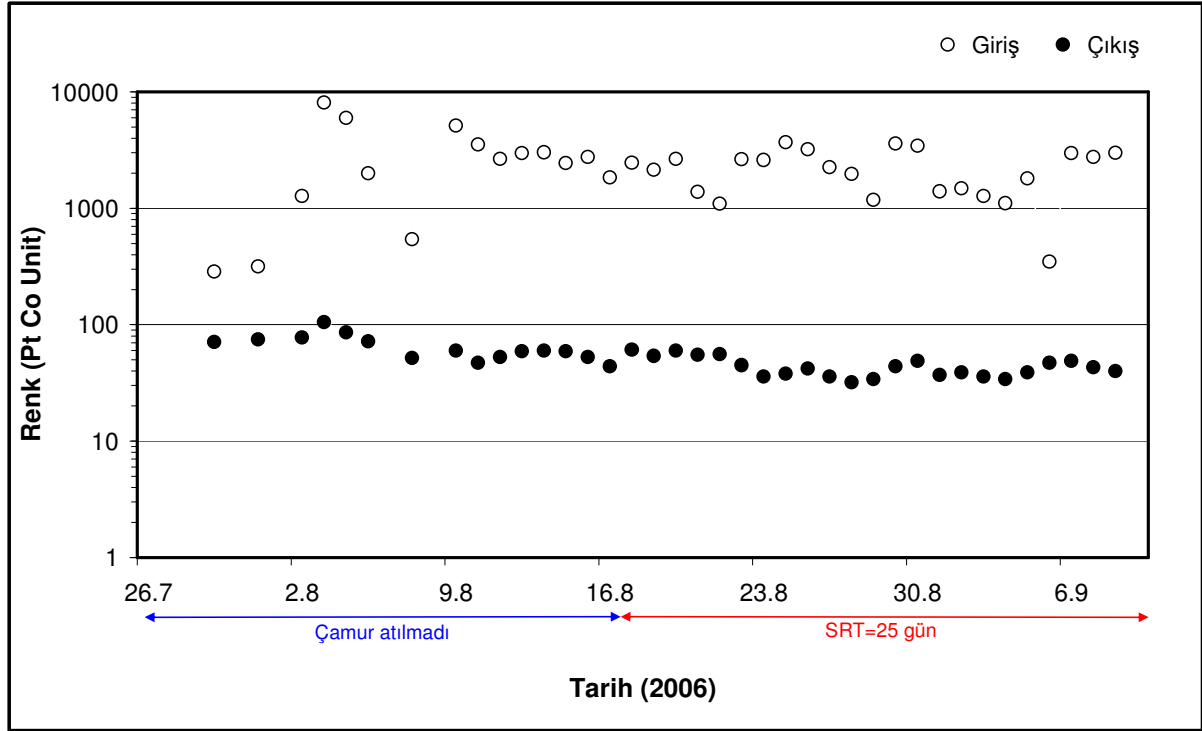


Şekil 80. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış bulanıklık değerleri

MBR sisteminin işletimi süresince giriş ve çıkış sularında elde edilen renk değerleri Şekil 81'de gösterilmiştir. MBR sisteminin işletildiği süre boyunca giriş atıksuyundaki renk değerlerinin aşırı salınımlar göstermesine rağmen çıkış suyu renk değerleri düşük seviyede seyretmiştir. MBR işletimi süresince çıkış suyundaki maksimum, ortalama ve minimum renk değerleri sırasıyla 105, 53 ve 32 Pt-Co olarak tespit edilmiştir. Renk parametresinin giderimi, KOİ ve BOİ₅ gideriminde olduğu gibi ikinci aşama denemelerinde çamur atılmasından dolayı biyokütle içeriğini tazelenmesiyle daha etkili olmuştur. Birinci aşama denemelerinde çıkış suyu renk değeri minimum 44 Pt-Co iken, ikinci aşama denemelerinde bu değer 32 Pt-Co değerine kadar düşmüştür. Tekstil atıksularının arıtımında kullanılan konvansiyonel aktif çamur sistemlerinin BOİ₅ ve KOİ parametrelerini yeterli seviyelere kadar giderdiği ancak renk parametresini etkili bir biçimde gideremediği bilinmektedir. Bu bağlamda, yapılan çalışmanın sonuçları MBR'ların renk gideriminde de çok etkili arıtma sistemleri olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Proje kapsamında MBR sisteminin 2,5 aylık işletimi boyunca arıtılmış suda ölçülen bazı parametrelerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 63'de verilmiştir. Bu özetlenmiş veriler işletilen pilot ölçek MBR sisteminin arıtma performansının çok iyi

olduğunu ve yüksek derecede ve kompleks kirliliğe sahip tekstil atıksularının, MBR sistemi ile konvansiyonel aktif çamur sistemlerine kıyasla çok daha iyi derecede arıtılabileceğini ve özellikle renk parametresinin düşük değerlere indirilebileceğini göstermiştir.



Şekil 81. MBR işletimi boyunca reaktör giriş ve çıkış renk değerleri

Tablo 63. MBR sisteminde proje boyunca elde edilen çıkış suyu kalite değerleri

Parametre	Projede elde edilen sonuçlar		
	Maksimum	Minimum	Ortalama
BOİ ₅ (mg/L)	20	8	15
KOİ (mg/L)	60	13	37
AKM (mg/L)	0,8	0,4	0,6
NH ₃ -N (mg/L)	4,8	0,2	1,0
NO ₃ -N (mg/L)	20,0	1,3	9,6
TKN (mg/L)	2,0	0,3	0,9
TN (mg/L)	21	2	11,0
TP (mg/L)	8,1	0,2	2,6
Bulanıklık (NTU)	0,65	0,18	0,31
Renk (Pt-Co)	105	32	53

3.4.2.4. MBR ile Atıksu Arıtılabilirlik Çalışma Sonuçları

MBR sisteminin işletildiği süre içerisinde, giriş suyundaki yüksek tuzluluğa rağmen iki işletim aşamasında da yüksek arıtma performansı elde edilmiştir. Arıtma performansı giriş suyu karakterindeki ani salınımlardan, F/M, organik yükleme hızı, spesifik substrat giderim hızı ve çözülmüş oksijen gibi diğer parametrelerdeki salınımlardan da olumsuz etkilenmemiştir. İkinci aşama (SRT: 25 gün) çalışmalarında çıkış suyu kalitesi, birinci aşamada (SRT sonsuz) elde edilen kaliteden genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu durum, SRT'nin 25 gün olduğu durumda reaktör çamur içeriğinin tazelenmesi ile biyokimyasal aktivitenin daha iyi gerçekleşmesinden kaynaklanmıştır. Atıksudaki yüksek tuzluluk konsantrasyonuna rağmen, nitrifikasyon sürekli ve tutarlı olarak sağlanmıştır. Genel olarak, nitrifikasyon SRT, ÇO, OYH ve F/M parametrelerinden ve bunların salınımlarından etkilenmemiştir. Çalışma kapsamında hedeflenmediği halde, yüksek MLSS konsantrasyonu (13000-17000 mg/L) sebebiyle floklar arasında anoksik bölgelerin oluşması ve reaktör tabanında oluşan anoksik tabaka sayesinde denitrifikasyon da gerçekleşmiş ve işletim süresince ortalama %78 TN giderimi sağlanmıştır. Tüm işletim boyunca çıkış suyundaki bazı kalite parametrelerinin ortalama değerleri; renk: 53 Pt-Co, bulanıklık: 0,31 NTU, AKM: 0,6 mg/L, BOİ₅: 15 mg/L, KOİ: 37 mg/L, NH₃-N: 1,0 mg/L, NO₃-N: 9,6 mg/L ve TN: 11,0 mg/L olarak bulunmuştur.

MBR sisteminin işletiminde, membran gözeneklerinin tıkanmasından dolayı oluşan kısa ve orta vadeli permeat akı azalması problemi 3 aylık işletim süresince bir defa gözlenmiştir. Bu tür tıkanma, çalışmanın başlamasından 40 gün sonra ortaya çıkmış ve kimyasal geri yıkama ve kimyasal temizlik prosedürleri uygulanarak giderilmiştir. İkinci aşama işletiminde, rutin geri yıkama dışında kimyasal geri yıkamayı gerektirecek tıkanma meydana gelmemiştir. Elde edilen veriler yüksek derecede ve kompleks kirliliğe sahip tekstil atıksularının, MBR sistemi ile konvansiyonel aktif çamur sistemlerine kıyasla çok daha iyi derecede arıtılabileceğini ve özellikle renk parametresinin düşük değerlere indirilebileceğini göstermiştir. MBR prosesi ile arıtılan tekstil endüstrisi atıksularının, elde edilen yüksek kalitede çıkış suyundan dolayı, üretim proseslerinde geri kullanım potansiyeli yüksektir.

3.4.3. Tesis İçi Önlemler Alınmadan Önceki Tesis Atıksuyu ile Ozonlama Çalışmaları

Tesiste boyama ve terbiye proseslerinde yürütülen su geri kazanımı çalışmalarının hayata geçirilmesi ile tesis atıksu arıtma tesisine gidecek olan toplam atıksuyun gerek miktarı gerekse kalitesinde değişim olacağı aşikardır. Öncelikle, tesis içi herhangi bir önlem alınmadan önceki tesis atıksuyu ile ozonlama çalışmaları yürütülmüştür. Bu atıksuyun genel özellikleri Tablo 64’te özetlenmiştir.

Tablo 64. Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyu Karakteristiği

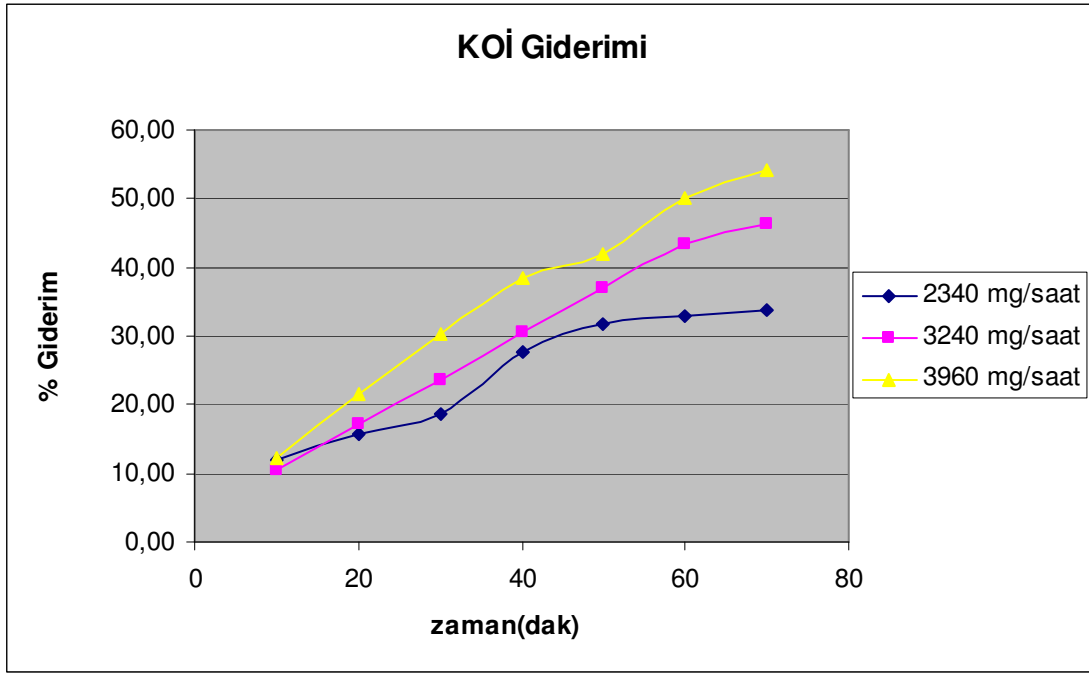
Parametre	Değer
Renk, Pt-Co	3920-4200
KOİ, mg/L	2680-2840
İletkenlik, mS/cm	19,75-19,85
pH	12,4-12,6
BOİ/KOİ	0,23

Tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunda yapılan ozonlama işlemi, bir ön-arıtım tekniği olarak düşünülmüş ve ozonlamadan sonra atıksuyun biyolojik olarak arıtılması öngörülmüştür. Ozonlama ile atıksuyun toksik özelliğinin azalacağı ve biyolojik olarak arıtılabilirliğinin artacağı düşünülmüştür. Bunu saptayabilmek için renk, KOİ, pH ve iletkenlik gibi değerlerin yanısıra BOİ/KOİ oranı da bu çalışmalarda dikkate alınmıştır.

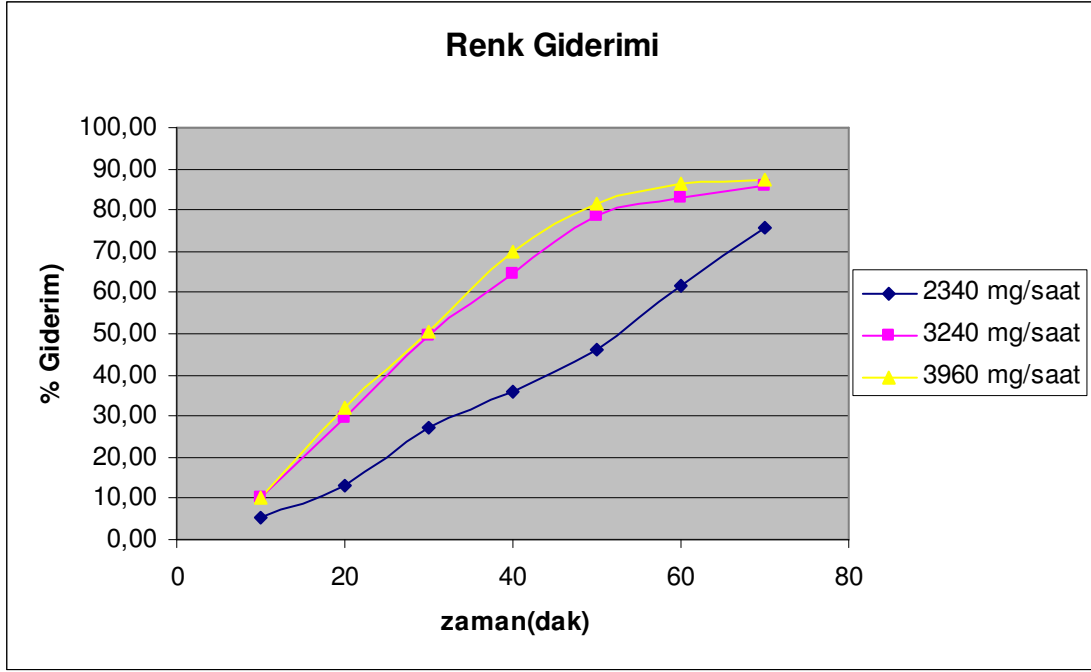
Boyama prosesi atıksuyunda yapılan ozonlama çalışmalarında (Bölüm 3.3.3), 60 dakikalık bir arıtım süresinden sonra giderim değerlerinde fazla bir değişiklik olmadığı saptanmıştı. Tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunda ise 70 dakikalık ozonlama süresi sonucunda KOİ ve renk giderim yüzdeleri sabitlenmeye başlamıştır. Başka bir deyişle, 70 dakikalık ozonlama periyodundan sonra verilen ozon miktarının büyük bir yüzdesi kullanılmadan sistemden çıkmakta olup, bu da ozon kullanım oranının düşmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle, önlem öncesi tesis atıksuyunda değişik ozon dozları 70 dakika boyunca uygulanmıştır. Reaktöre verilecek olan ozon dozu saptanırken; tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunun KOİ ve renk gibi iki temel parametresi boyama atıksuyundaki değerlerle karşılaştırılmıştır. Önlem öncesi tesis atıksuyu, yüksek KOİ değeriyle boyama

atıksuyundan daha kuvvetli bir su olduğu için daha yüksek ozon dozlarında çalışmalar yapılmıştır. Bu atıksuda 2340 mg/saat, 3240 mg/saat ve 3960 mg/saat ozon dozlarında çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan ozonlama deneyleri sonucunda KOİ ve renk değerlerinde elde edilen değişim Şekil 82 ve 83'te sunulmaktadır.



Şekil 82. Ozonlama ile Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi



Şekil 83. Ozonlama ile Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi

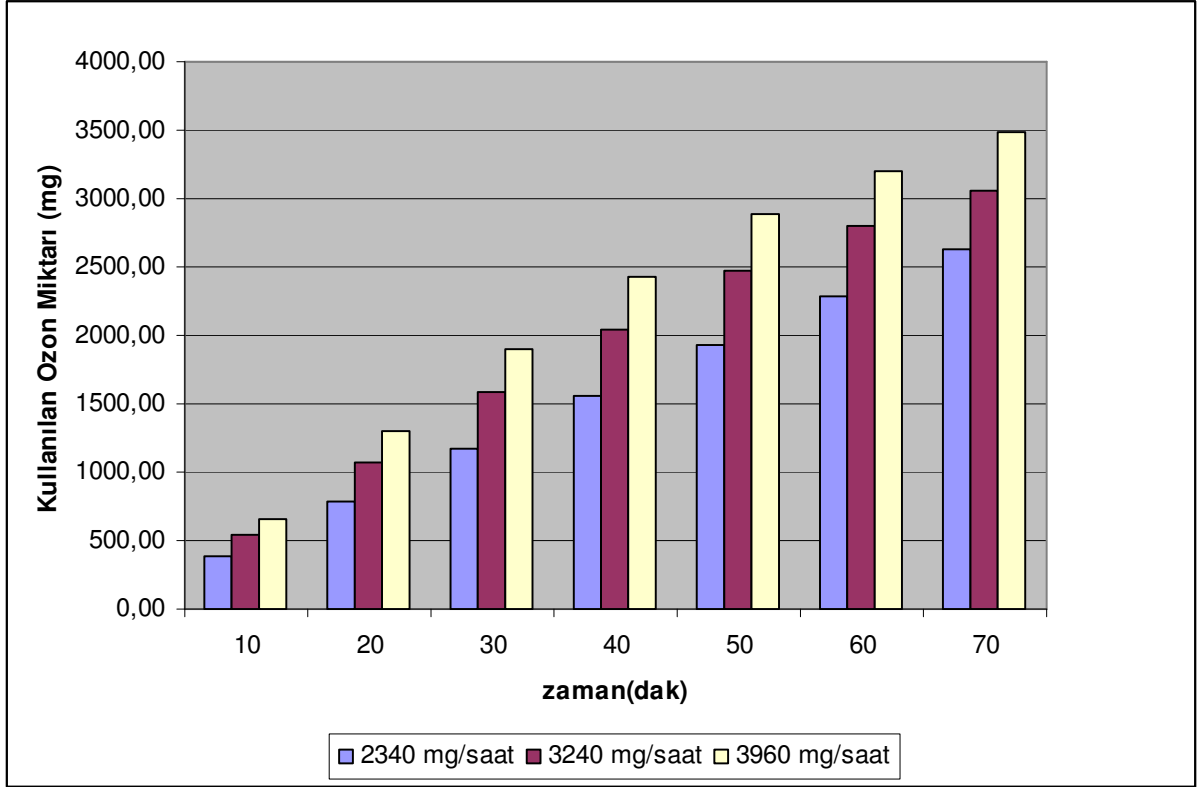
Üç farklı dozda yapılan ozonlama deneylerinin ardından ortaya çıkan grafiklerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, 2340 mg/saat ozon dozu tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunda yetersiz kalmaktadır. Bu ozon dozu ile %75 renk giderimi ve %33 KOİ giderimi sağlanmıştır.

Daha yüksek ozon dozlarında yapılan çalışmalarda ise renk ve KOİ değerlerinde daha yüksek giderim elde edilmiştir. Değişik dozlardaki ozon çalışmaları neticesinde giderim değerlerini gösteren Tablo 65 incelendiğinde, 3240 mg/saat ve 3960 mg/saat dozları arasında renk giderimi açısından bir fark olmadığı, KOİ giderimi açısından ise düşük bir fark olduğu görülmektedir.

Tablo 65. Tesis İçi Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda Değişik Dozlarda Renk ve KOİ Giderimi

Ozon Dozu (mg/ssat)	Renk Giderimi (%)	KOİ Giderimi (%)
2340	75,64	33,66
3240	85,94	46,43
3960	87,40	54,19

Ozonlama prosesinin pahalı bir arıtma tekniği olduğu düşünüldüğünde, sisteme verdiğimiz ozonun ne kadar kullanıldığı önemli bir parametredir. Önlem öncesi tesis atıksuyunda üç farklı dozda yapılan ozonlama deneyleri neticesinde kullanılan ozon miktarları Şekil 84'te verilmektedir.



Şekil 84. Tesis içi Önlemler Alınmadan Önceki Tesis Atıksuyunda Değişik Dozlarda Kullanılan Ozon Miktarları

3240 mg/saat ve 3960 mg/saat ozon dozları karşılaştırıldığında, ozon kullanım oranları sırasıyla %81 ve %75'tir. Renk ve KOİ giderim oranları incelendiğinde ve ozonlama prosesinin temel mantığının renk giderimi olduğu düşünüldüğünde; 3240 mg/saat ozonlama dozu tesis öncesi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyu için optimum doz olarak düşünülebilir.

Daha önceden belirtildiği gibi önlem öncesi tesis atıksuyundaki ozonlama çalışmaları bir ön arıtım tekniği olarak düşünülmüştür. Ozonlama prosesinden sonra atıksuyun biyolojik olarak arıtımı düşünülmektedir. Bu yüzden önlem öncesi atıksuda BOİ/KOİ oranına da bakılmış ve

biyolojik olarak arıtılabilirliğindeki gelişme izlenmiştir. Çalışmalar sonunda ortaya çıkan oranlar Tablo 66'da verilmektedir.

Tablo 66. Önlem Öncesi Atıksuda Yapılan Ozonlama Deneylelerinde BOİ/KOİ Oranları

Ozon Dozu	BOİ/KOİ Oranı
2340 mg/saat	0,22
3240 mg/saat	0,30
3960 mg/saat	0,38

Ozonlanma prosesinden önce, tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyundaki BOİ/KOİ oranının 0,23 olduğu düşünüldüğünde, deneyler sonucunda atıksuyun toksik özelliğinin azaldığı ve biyolojik olarak arıtılabilirliğin arttığı görülmektedir.

Önlem öncesi tesis atıksuyunda iletkenlik değerleri incelendiği zaman bir miktar düşüş olduğu göze çarpmaktadır. Yetmiş dakikalık ozonlama süresi neticesinde ortaya çıkan iletkenlik değerleri Tablo 67'de verilmektedir.

Tablo 67. Tesis İçi Önlem Öncesi Atıksuda Yapılan Ozonlama Deneylelerinde İletkenlik Değerleri

Ozon Dozu	İletkenlik, mS/cm
2340 mg/saat	14,97
3240 mg/saat	13,59
3960 mg/saat	12,92

İletkenlik değerlerinde bir düşüş gözlemlenmesine rağmen, ortaya çıkan sonuç ozonlama sonrasında da atıksuyun iletkenlik değerlerinin yüksek olduğudur.

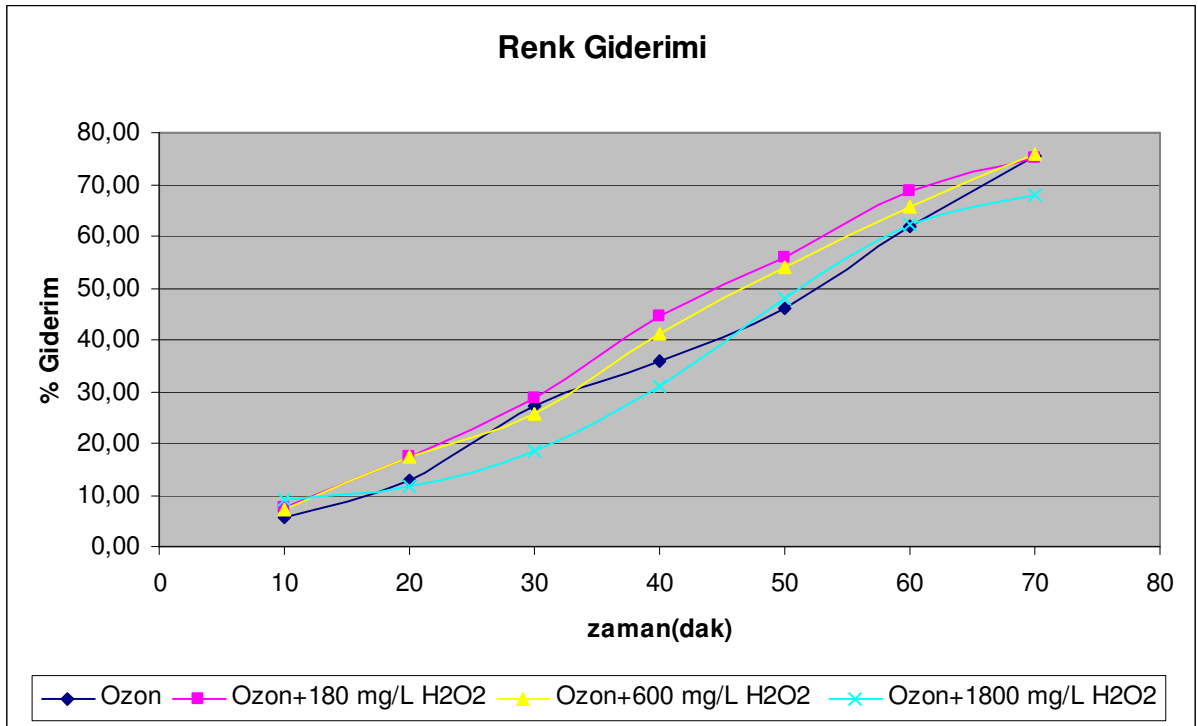
Ozonlama neticesinde atıksuyun pH değerlerinde 12,11-12,36 aralığına doğru bir gerileme olmuştur. Atıksuyun ilk pH değer aralığının 12,4-12,6 olduğu düşünüldüğünde bu düşüş ozonlama prosesini etkileyecek bir düşüş değildir.

Ozon + Hidrojen Peroksit (H₂O₂) Kullanımı

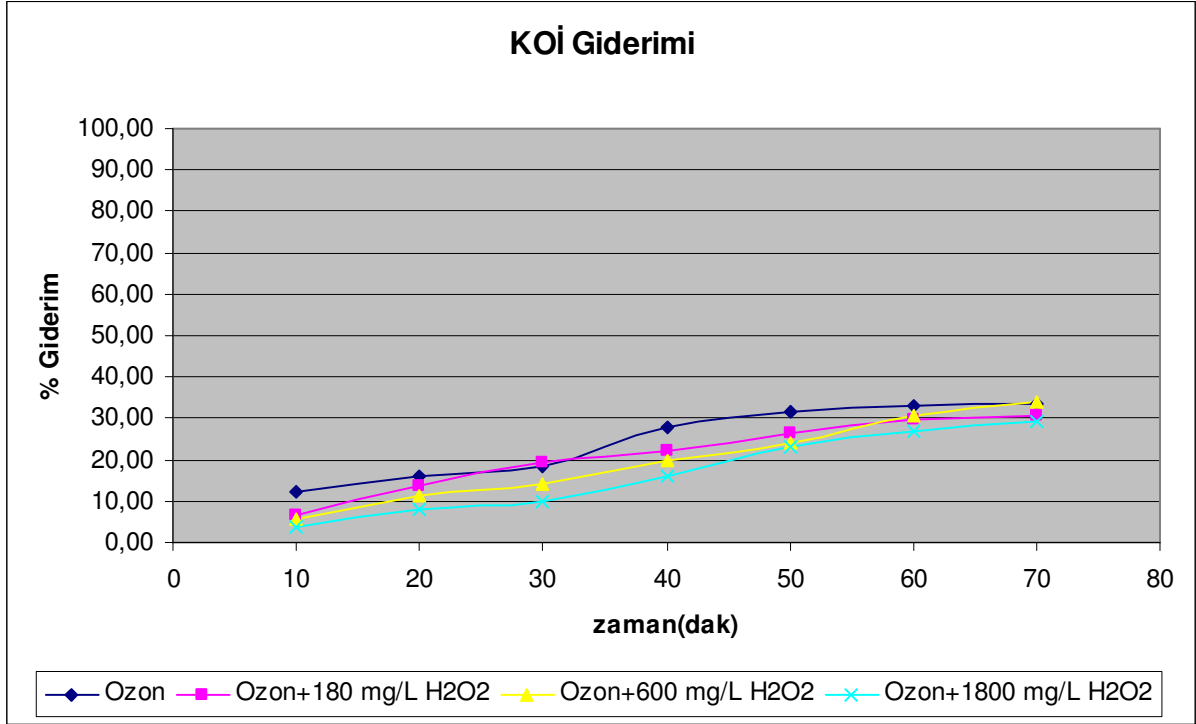
Ozonlama tekniğinin işletimi kolay olmasına rağmen işletim maliyeti bir o kadar yüksektir. Bu yüzden deneylerde ozonun yanında 1,78 V'luk oksidasyon potansiyeline sahip hidrojen peroksit kullanılarak daha az ozon tüketip daha verimli bir arıtım yapılması hedeflenmiştir.

Hidrojen peroksit kullanılarak yapılan ozonlama deneylerinde, ozon dozu 2340 mg/saat olarak seçilmiştir. Burada amaç, tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunda sadece ozon kullanılarak yapılan çalışmalarda 3240 mg/saat ve 3960 mg/saat ozon dozlarında elde edilen arıtım verimini, 2340 mg/saat ozon dozunda hidrojen peroksit kullanarak elde etmektir.

2340 mg/saat ozon dozunda yapılan çalışmalarda 180 mg/L, 600 mg/L ve 1800 mg/L olmak üzere üç farklı hidrojen peroksit dozu denenmiştir. Bu dozlarda yapılan çalışmalar sonucunda renk ve KOİ giderimi için elde edilen sonuçlar Şekil 85 ve 86'da verilmektedir.



Şekil 85. Ozon ve H₂O₂ ile Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi



Şekil 86. Ozon ve H₂O₂ ile Önlem Öncesi Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi

Grafiklerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunda yapılan ozonlama çalışmaları sonucunda, atıksuya hidrojen peroksit (H₂O₂) eklenmesinin bir etkisi olmadığı açıkça görülmektedir.

Hidrojen peroksit kullanılarak yapılan ozonlama çalışmalarında elde edilen BOİ/KOİ oranları ise Tablo 68'de verilmektedir.

Tablo 68. Önlem Öncesi Atıksuda Yapılan Ozonlama Deneylerinde(Ozon+H₂O₂) BOİ/KOİ Oranları

H ₂ O ₂ Konsantrasyonu(*)	BOİ/KOİ Oranı
180 mg/L	0,25
600 mg/L	0,27
1800 mg/L	0,27

*. Ozon dozu 2340 mg/saat'tir.

2340 mg/saat ozon dozunda hidrojen peroksit kullanılmadan yapılan ozonlama deneylerinde ortaya çıkan BOİ/KOİ oranı 0,22 idi. Hidrojen peroksit kullanıldığında ise bu oranda çok az bir miktar artış gözlemlenmiştir.

3.4.4. Tesis İçi Önlemler Alındıktan Sonraki Tesis Atıksuyunda Ozonlama Çalışmaları

Proje kapsamında, tesis içinde boyama prosesinde suyun geri kazanımı; terbiye prosesinde ise kostik geri kazanımının gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Boyama ve terbiye prosesinde yapılan filtrasyon çalışmalarının hayata geçirilmesi ile tesisten çıkacak toplam atıksuyunun dağılımı aşağıdaki tabloda hesaplandığı gibi değişecektir. Hesaplamalar yapılırken her iki proseste de membran sistemi ile su geri kazanımı olacağı varsayılmıştır ve dağılım o şekilde belirlenmiştir. Önlem öncesi ve önlem sonrası tesis atıksuyunun dağılımını gösteren Tablo 69'da verilmektedir.

Tablo 69. Önlem Öncesi ve Önlem Sonrası Atıksu Dağılımı

Atıksu	Önlem Öncesi Atıksu Dağılımı	Önlem Sonrası Atıksu Dağılımı
Boyama	%35	%24
Terbiye	%45	%31
Diğer	%20	%45

Yukarıdaki tablodaki atıksu dağılımına göre önlem sonrası tesis atıksuyu oluşturulmuş ve bu atıksuda ozonlama çalışmaları yapılmıştır. Tesis içi önlemler alındıktan sonraki tesis atıksuyunun karakterizasyonu Tablo 70'te verilmektedir.

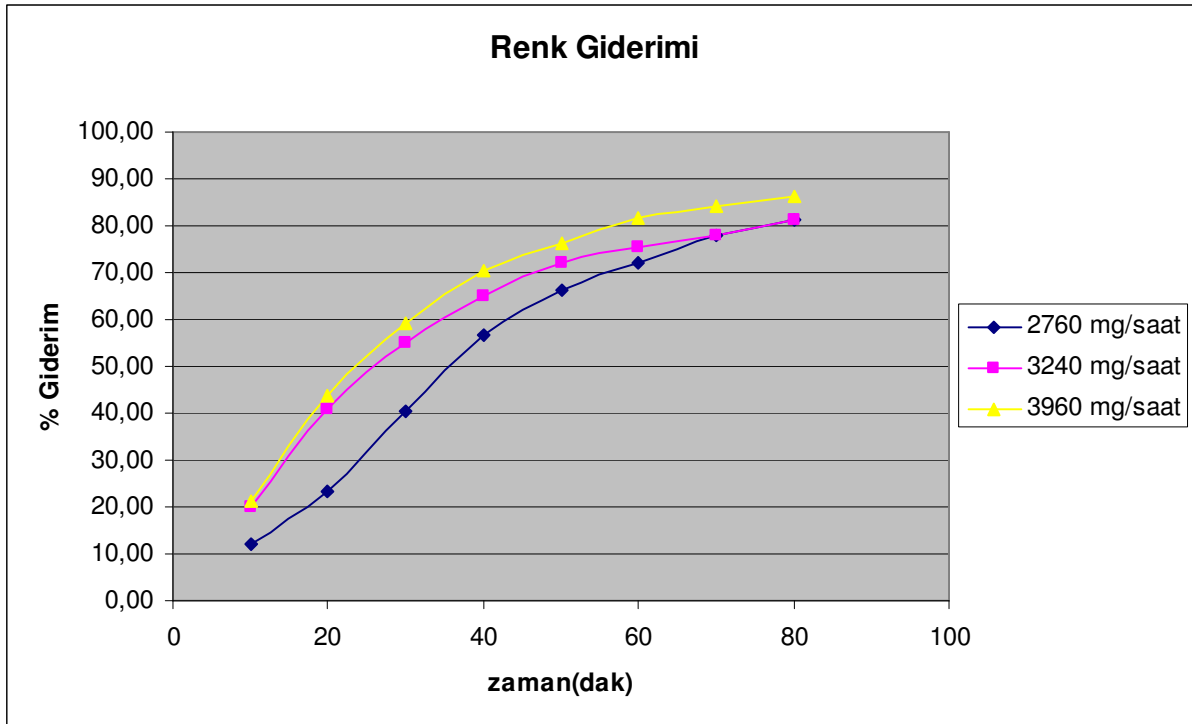
Tablo 70. Önlem Sonrası Tesis Atıksuyu Karakteristiği

Parametre	Değer
Renk, Pt-Co	4230-4820
KOİ, mg/L	3057-3162
İletkenlik, mS/cm	13,54-14,01
pH	12,09-12,24
BOİ/KOİ	0,40

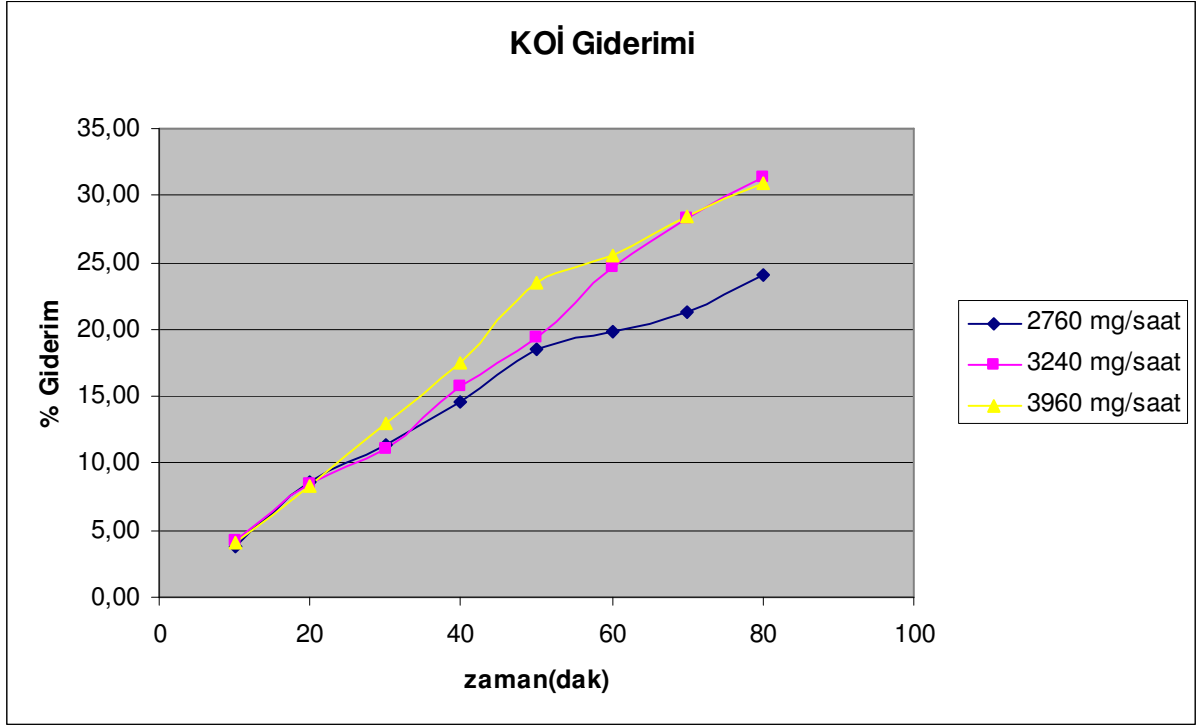
Tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunda yapılan ozonlama çalışmaları gibi tesis içi önlemler alındıktan sonraki tesis atıksuyundaki çalışmalar da bir ön-arıtım olarak düşünülmüştür. Bu yüzden BOİ/KOİ oranı bu atıksuda da önemli bir parametredir.

Önlem sonrası tesis atıksuyunda yapılan ozonlama deneylerinde 80 dakikalık bir arıtım süresinden sonra KOİ ve renk giderim yüzdelerinin fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Bu süreden sonra verilen ozon dozunun büyük bir miktarı sistemden kullanılmadan çıkmaktadır. Bu yüzden, önlem sonrası tesis atıksuyunda ozonlama süresi 80 dakika olarak kabul edilmiş ve atıksuya değişik dozlarda (2760, 3240 ve 3960 mg/saat) ozon gazı verilip optimum bir doz belirlenmeye çalışılmıştır. Hangi ozon dozunun verileceği saptanırken önlem sonrası tesis atıksuyunun karakteri ozonlama deneylerinde kullanılan diğer atıksuların karakterleriyle karşılaştırılmıştır ve verilen ozon dozları bu karşılaştırma neticesinde belirlenmiştir.

Değişik dozlarda yapılan ozonlama deneyleri neticesinde önlem sonrası tesis atık suyunda elde edilen renk ve KOİ giderimlerini gösteren grafikler aşağıda verilmektedir.



Şekil 87. Ozonlama ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi



Şekil 88. Ozonlama ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi

Yukarıdaki şekillerden de görüleceği üzere, 2760 mg/saat, 3240 mg/saat ve 3960 mg/saat ozon dozlarında yapılan deneyler sonucunda, 2760 mg/saat ozon dozu en düşük arıtım performansına sahiptir. 3240 mg/saat ve 3960 mg/saat ozon dozlarında ise birbirine çok yakın arıtım değerleri elde edilmiştir. Seksen dakikalık arıtım süreci boyunca kullanılan ozon miktarları, 3240 mg/saat ve 3960 mg/saat ozon dozu için sırasıyla 3895 mg ve 4495 mg'dır. Bu değerler de göz önüne alındığında 3240 mg/saat olan ozon dozunun 80 dakika boyunca tesis içi önlemler alındıktan sonraki tesis atıksuyuna uygulanması en uygun durum olarak kabul edilebilir.

Üç farklı ozon dozunda yapılan çalışmalar neticesinde, renk gideriminde %85-88 civarlarında bir giderim gözlemlenmesine rağmen; KOİ gideriminde %31-32 civarlarında bir giderim sağlanmıştır. KOİ giderimindeki bu oran önlem öncesi tesis atıksuyundaki oranla (%46-54) karşılaştırıldığında ve atıksuların Tablo 64 ve Tablo 70'te verilen başlangıç KOİ değerleri düşünüldüğünde; ozonlama işleminden sonraki tesis atıksuyunun çıkış KOİ konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Başka bir deyişle, tesis içi önlemler alındıktan sonra oluşan tesis atık suyu arıtılabilirliği daha zor bir atıksudur.

Önlem sonrası tesis atıksuyunda yapılan ozonlama çalışmaları bir ön-arıtım olarak düşünüldüğü için, bu atıksudaki BOİ/KOİ oranı önemli bir parametredir. Başlangıçta 0,40 olan BOİ/KOİ oranı yapılan deneyler sonucunda bir miktar yükselmiştir. Bu oranlar, Tablo 71’de verilmektedir.

Tablo 71. Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda Yapılan Ozonlama Deneylerinde BOİ/KOİ Oranları

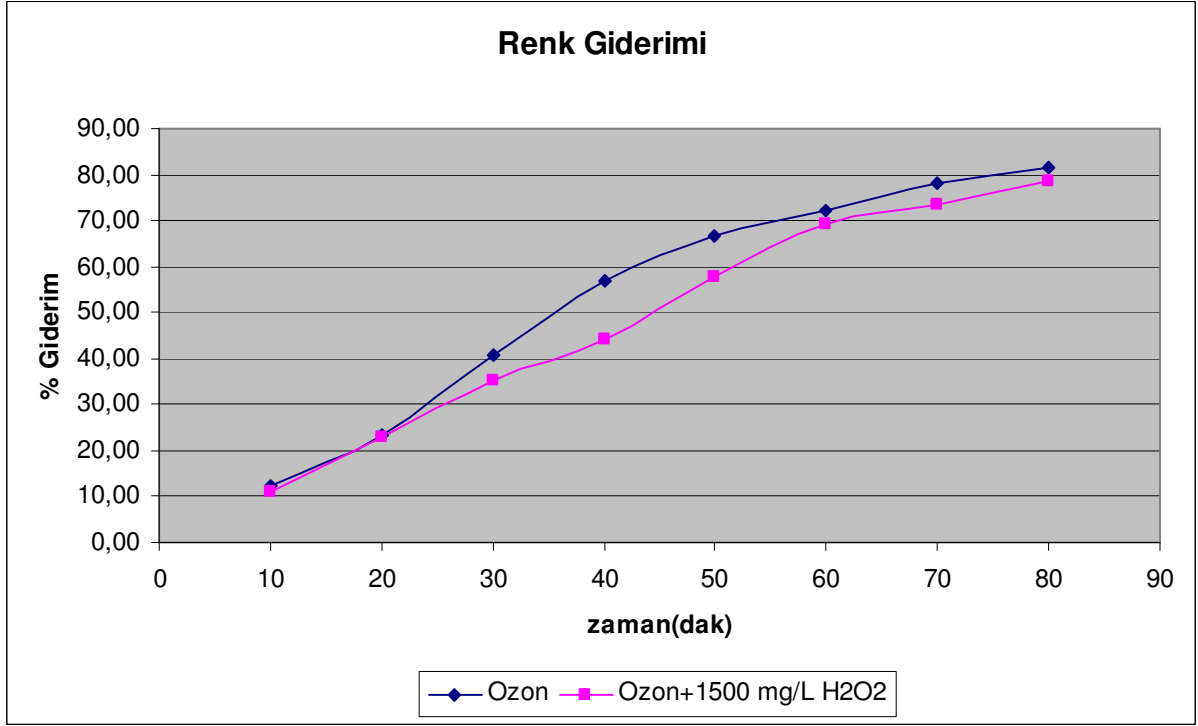
Ozon Dozu	BOİ/KOİ Oranı
2760 mg/saat	0,43
3240 mg/saat	0,42
3960 mg/saat	0,47

Tablodan da görüldüğü gibi, BOİ/KOİ oranı ozonlama işlemi neticesinde bir miktar artış göstermiştir. Fakat, artış miktarı, önlem öncesi tesis atıksuyuna kıyasla daha azdır. Bu durum, önlem sonrası atıksuyun daha zor arıtılabilir bir atıksu olmasıyla bağdaştırılabilir.

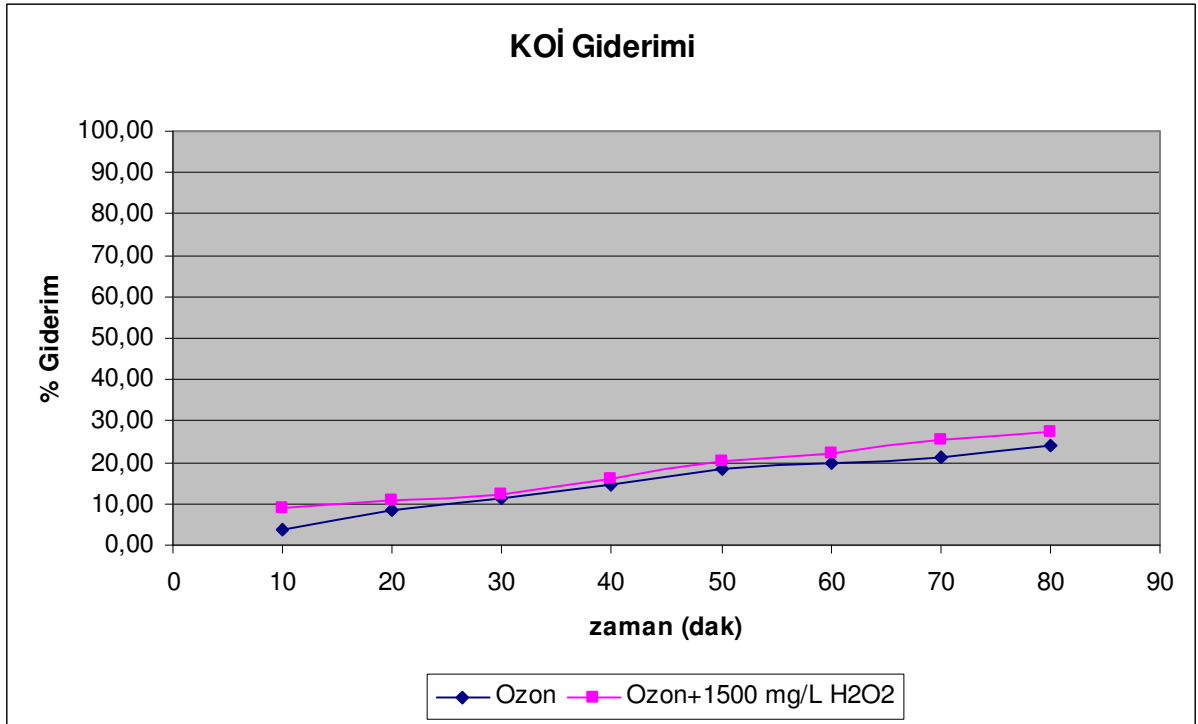
Ozon + Hidrojen Peroksit (H₂O₂) Kullanımı

Önlem öncesi tesis atıksuyunda olduğu gibi, önlem sonrası tesis atıksuyunda da hidrojen peroksit kullanımının amacı, daha az ozon tüketerek istenilen verimde bir arıtım elde edebilmektir. Bu yüzden, atıksuya hidrojen peroksit eklenerek 2760 mg/saat ozon dozunda ozonlama deneyleri yapılmıştır.

Önlem öncesi tesis atık suyunda hidrojen peroksit kullanımının bir etkisi olmadığı görülmüştü. Tesis içi önlemler alınmadan önceki tesis atıksuyunda hidrojen peroksit çalışmaları 2340 mg/saat ozon dozunda yapılmıştı ve 1800 mg/L konsantrasyonunda hidrojen peroksit eklendiğinde bile arıtım verimliliğinde bir değişiklik olmadığı gözlenmişti. Bu yüzden ozon dozunun daha yüksek olduğu önlem sonrası tesis atıksuyuna 1500 mg/L konsantrasyonunda hidrojen peroksit ekleyerek çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde de renk ve KOİ giderim değerlerinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 89 ve 90).



Şekil 89. Ozon ve H₂O₂ ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda Renk Giderimi



Şekil 90. Ozon ve H₂O₂ ile Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi

Hidrojen peroksit kullanmaksızın 2760 mg/saat ozon dozunda yapılan deneyler neticesinde atıksudaki BOİ/KOİ oranı 0,43 olarak bulunmuştu. Tesis içi önlemler alındıktan sonraki tesis atıksuyunda hidrojen peroksit eklenerek yapılan ozonlama çalışmaları neticesinde BOİ/KOİ oranı 0,42 olarak elde edilmiştir. Bu değer, hidrojen peroksit kullanımının atıksuyun arıtılabilirliğinin artmasına veya toksik özelliğinin düşmesine bir katkısı olmadığını göstermektedir.

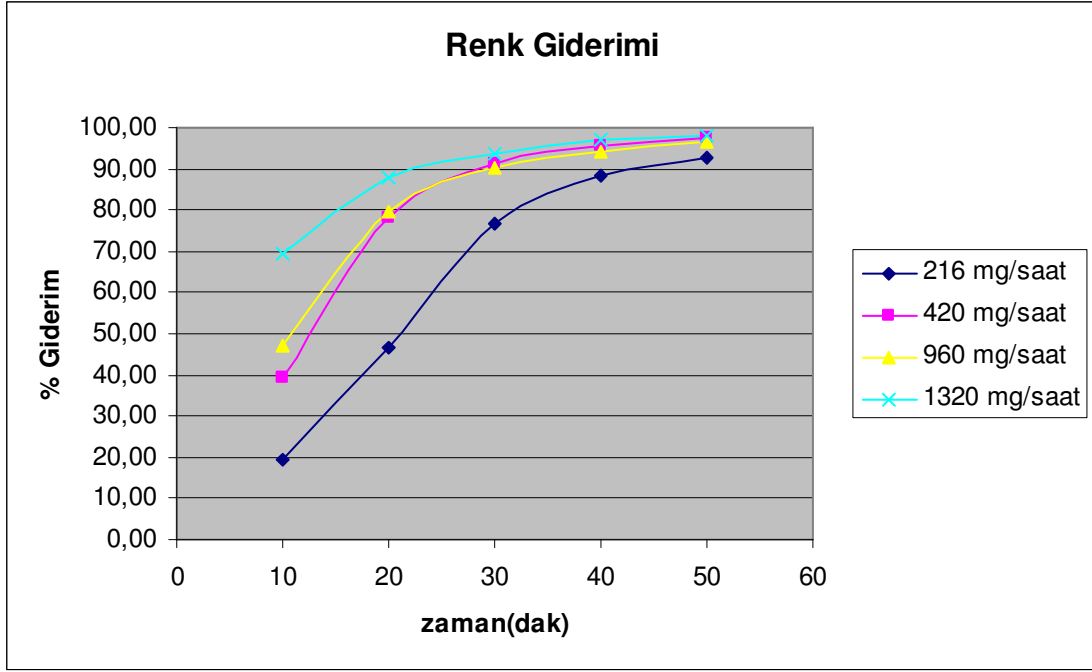
3.4.5. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunda Ozonlama Çalışmaları

Fabrikadaki mevcut atıksu arıtma tesisi girişinden belirli aralıklarla alınan atıksu ile yapılan biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarının ardından çıkan atıksuyun ozonlanması suretiyle renk ve KOİ değerlerindeki değişim gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, ozonlama bir son arıtım tekniği olarak test edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan atıksuyun karakterizasyonu Tablo 72’de sunulmaktadır.

Tablo 72. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunun Karakteristiği

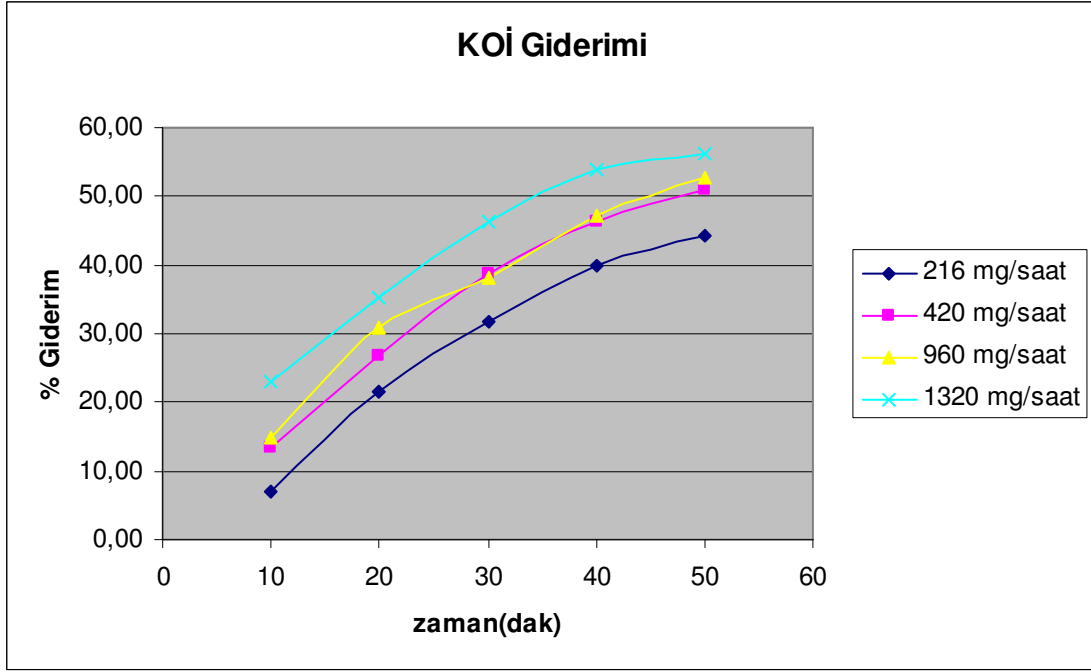
Parametre	Değer
Renk, Pt-Co	3300-4100
KOİ, mg/L	743-865
İletkenlik, mS/cm	14,26-14,6
pH	7,08-7,15

Bu çalışmada ozonlama işlemi bir son arıtım tekniği olarak düşünülmüştür ve atıksu önceden bir arıtmadan geçtiği için atıksuyun karakteri ozonlama çalışmalarında kullanılan diğer atıksulardan farklıdır. Daha düşük KOİ ve renk değerleri içeren bu atıksuda dört değişik ozon dozunda (216, 420, 960 ve 1320 mg/saat) deneyler yapılmıştır. Diğer atıksular ile yapılan ozonlama çalışmalarına göre daha yüksek renk giderim oranları elde edilmiştir. Renk ve KOİ giderimi Şekil 91’de verilmektedir.



Şekil 91. Biyolojik Olarak Arıtılmış Tesis Atıksuyunda Ozonlama ile Renk Giderimi

Son arıtım tekniği olarak düşünülen bu ozonlama çalışmasında, biyolojik olarak arıtılmış tesis atıksuyunda çok kısa bir sürede yüksek yüzdelerde renk giderimi sağlanmıştır. Şekil 91'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, özellikle 1320 mg/saat ozon dozunda çok kısa bir sürede yüksek renk giderimi elde edilmiştir. Daha düşük dozlarda yapılan çalışmalarda ise yine kısa sürede yüksek oranlarda giderimler sağlanmıştır. Renk giderimi açısından 420 mg/saat ozon dozunda ve 960 mg/saat ozon dozunda yapılan çalışmalarda hemen hemen aynı verim elde edilmiştir.



Şekil 92. Biyolojik Olarak Artılmış Tesis Atıksuyunda Ozonlama ile KOİ Giderimi

Biyolojik olarak artılmış tesis atıksuyunda dört değişik dozda yapılan ozonlama çalışmaları neticesinde elde edilen Şekil 92 incelendiğinde % 44-56 arasında KOİ giderimi sağlandığı görülmektedir. Diğer üç ozon dozuna kıyasla, 216 mg/saat ozon dozunda renk değerlerinde olduğu gibi, KOİ değerlerinde de daha düşük bir giderim kaydedilmiştir.

Renk ve KOİ giderimi beraber düşünüldüğünde ise 420 mg/saat ozon dozu optimum doz olarak kabul edilebilir. Kırk dakikalık bir ozonlama süresinin ardından özellikle renk giderim değerlerinde fazla bir değişim olmadığı görülmektedir.

Kırk dakikalık ozonlama süresi neticesinde, ozon kullanım miktarlarına bakıldığında, bu oran 216 mg/saat ozon dozu için 135 mg; 420 mg/saat ozon dozu için 150 mg; 960 mg/saat ozon dozu için 516 mg ve 1320 mg/saat ozon dozu için 544 mg'dır.

Giderim değerleri ve kullanılan ozon miktarları göz önüne alındığında, biyolojik olarak artılmış tesis atıksuyunda kırk dakikalık ozonlama süresinde optimum doz 420 mg/saat olarak bulunmuştur.

3.4.6. Fabrika Çıkış Atıksuyuna Fenton Uygulaması

Boyama atıksuyu ile yapılan Fenton deneylerindeki aynı şartlar altında fabrika çıkış atıksuyu ile Fenton arıtımı çalışılmıştır. Numunelere 1:1 $Fe^{+2}:H_2O_2$ oranında 500 – 2000 mg/L aralığında artan konsantrasyonlarda H_2O_2 ve Fe^{2+} dozlanmıştır. Deneyde kullanılan atıksu numunesinin karakteristiği ve elde edilen deney sonuçları, sırasıyla, Tablo 73 ve Tablo 74’te verildiği gibidir.

Tablo 73. Fabrika Çıkış Atıksuyu Numune Özellikleri

Parametre	Birim	Değer
pH	-	12.60
KOİ	mg/L	2139
Renk	Pt-Co	5640

Sabit $Fe^{+2}:H_2O_2$ oranında artan dozlarla KOİ ve renk giderimleri de artmış, uygulanan en yüksek doz olan 2 g/L değeri için giderim verimleri %86 ve %97 değerlerine ulaşmıştır.

Tablo 74. Fabrika Çıkış Atıksuyu için Fenton Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi

$Fe^{+2}:H_2O_2$ 1:1 (mg/L:mg/L)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk Giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)
500	4530	801	20	63
750	1850	584	67	73
1000	960	570	83	73
1250	770	505	86	76
1500	259	393	95	82
2000	181	311	97	86

Bu deneyler fabrika atıksularının biyolojik arıtma öncesi ön arıtımına yönelik olduğundan, 750 mg/L Fenton dozu kabul edilebilir görünmektedir. Ancak, çamur oluşumu göz önüne alındığında, reaktör hacminin yaklaşık %25’i kadar çamur oluştuğundan, uygulanabilir bulunmamıştır.

3.4.7. Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularına Fenton Uygulaması – Yeniden kullanılabilirliğin değerlendirilmesi

Bu bölüm fabrikada bulunan biyolojik atıksu arıtma tesisi çıkış suyunda en iyi başlangıç pH değeri, demir sülfat ve hidrojen peroksit dozlarının belirlenmesi için yapılan Fenton oksidasyon çalışmalarının sonuçlarını kapsamaktadır. Bu süreçte, biyolojik arıtma sonrası Fenton oksidasyonunu takiben bir mikrofiltrasyon ünitesinin olması durumu irdelenmiştir.

a. Yöntem

Arıtma tesisi çıkış suları ile yapılan Fenton arıtım deneylerinde demir (II) sülfat 100 gr/L stok çözelti olarak günlük hazırlanmıştır. Hidrojen peroksitin reaktörlere eklenmesinden sonra 30 dakika 100 rpm’de hızlı karıştırma yapılmıştır. Reaksiyon sonunda pH ayarlanması yapılmış ve ardından 30 dakika 30 rpm’de yavaş karıştırma uygulanmıştır. Reaktör içeriği 250 mL dereceli silindirlere, oluşan flokların parçalanmamasına özen göstererek, aktarılmış ve sedimentasyon için 1 saat beklenmiştir. KOİ ve renk ölçümleri sedimentasyon sonucunda flokların çökmesiyle oluşan duru fazdan alınan numunelerde yapılmış, ayrıca, takip etmesi öngörülen mikrofiltrasyon ünitesini simüle etmek amacıyla, ölçümler 5 mikron filtreden süzölmüş numuneler üstünde tekrarlanmıştır.

b. Bulgular

Deneylerde kullanılan atıksu numunesinin karakteristiği ve elde edilen deney sonuçları aşağıda verilmektedir.

En uygun pH tayini

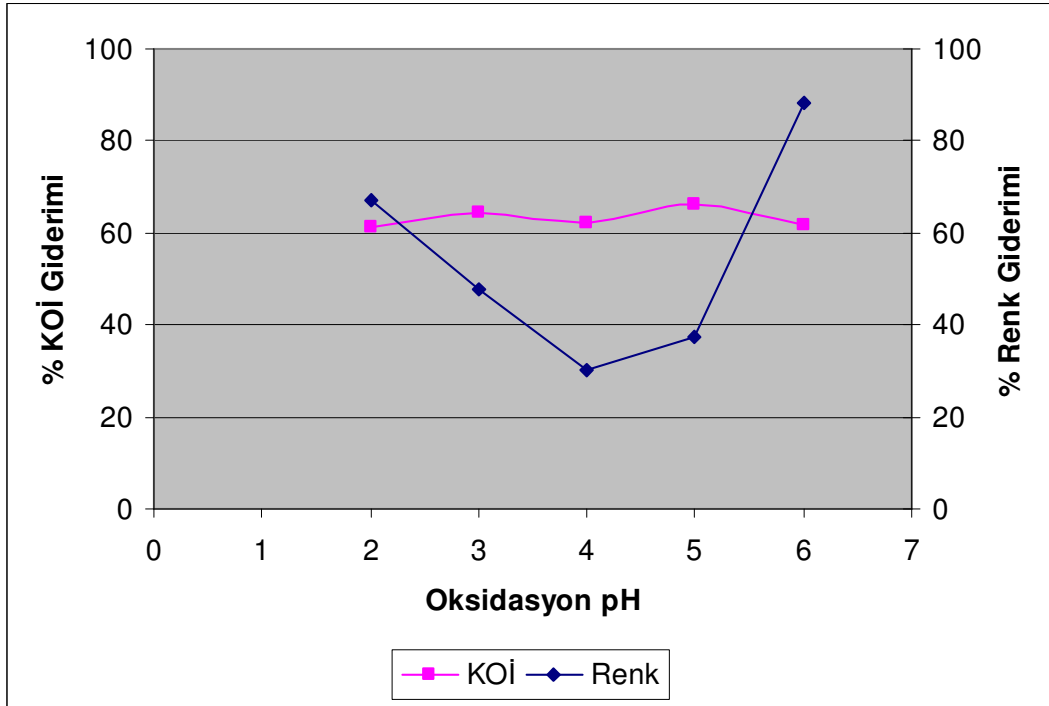
pH’nın KOİ ve renk giderme verimleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla demir sülfat ve hidrojen peroksit dozları 200 mg/L’de sabit tutulmuş ve 1 N H₂SO₄ kullanılarak pH = 2, 3, 4, 5 ve 6 değerlerine ayarlanmıştır. Tablo 75’te de verildiği gibi atıksuyun ilk pH değeri 7.55’dir. Deney sonuçları Tablo 76’da verilmiş ve farklı pH değerlerinin KOİ ve renk giderim verimlerine etkisi Şekil 93’te gösterilmiştir.

Tablo 75. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu (10.06.2007) Özellikleri

Parametre	Birim	Değer
pH	-	7.55
KOİ	mg/L	752
Renk	Pt-Co	1640

Tablo 76. Fabrika atıksu arıtma tesisi çıkış suyu için fenton oksidasyonu ile farklı pH değerlerinde elde edilen KOİ ve renk giderimleri

Oksidasyon pH	Fe ²⁺ :H ₂ O ₂ 1:1 (mg/L:mg/L)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk Giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)
2	200	540	292	67	61
3	200	856	269	48	64
4	200	1144	286	30	62
5	200	1024	255	38	66
6	200	195	289	88	62



Şekil 93. KOİ ve renk giderim verimlerinin başlangıç pH değerine bağlı değişimi

Şekil 93'te görüldüğü üzere, uygulanan Fenton dozunda KOİ giderim verimi %61-66 dolayında gerçekleşmekte ve farklı başlangıç pH değerlerinde KOİ giderim veriminde önemli bir değişiklik söz konusu olmamaktadır. KOİ değeri pH'dan bağımsız gözükmekle birlikte renk giderim verimi pH ile büyük oranda değişmekte ve en yüksek değerine (%88) pH = 6 değerinde ulaşmaktadır.

En Uygun H₂O₂ ve Fe⁺² Dozlarının Tayini

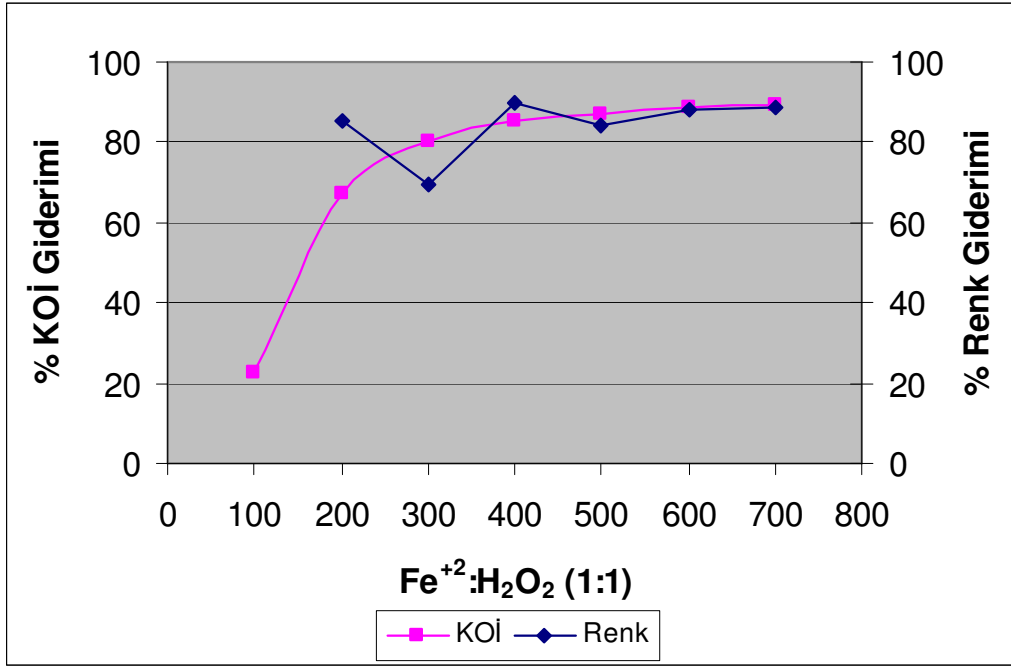
pH değeri 6'da ve Fe⁺²:H₂O₂ oranı 1:1'de sabit tutularak artan demir(II) ve hidrojen peroksit dozlarında deneyler yapılmıştır. Bu deneyde kullanılan atıksuyun özellikleri Tablo 77'de, deney sonuçları ise Tablo 78'de ve Şekil 94'te verilmiştir.

Tablo 77. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu (17.06.07) Özellikleri

Parametre	Birim	Değer
pH	-	7.95
KOİ	mg/L	752
Renk	Pt-Co	1640

Tablo 78. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimleri

Fe ⁺² :H ₂ O ₂ 1:1 (mg/L:mg/L)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)
100	1824	583	-11.2	22.5
200	237	246	85.5	67.3
300	500	149	69.5	80.2
400	170	112	89.6	85.1
500	262	99	84.0	86.8
600	192	83	88.3	89.0
700	187	80	88.6	89.4



Şekil 94. 1:1 sabit Fe²⁺:H₂O₂ oranında artan H₂O₂ ve Fe²⁺ dozlarının KOİ ve renk giderim verimlerine etkisi.

Şekil 94'te görüldüğü üzere renk giderim veriminin en yüksek olduğu 400 mg/L dozu KOİ giderim verimi açısından da en iyi değer olarak kabul edilmiştir. Artan dozlar KOİ gideriminde az oranda artışa sebep olsa da yüksek kimyasal dozlarının ek maliyet getireceği göz önünde tutulmuştur.

En Uygun Fe²⁺ Dozunun Tayini

Optimum pH değeri 6 ve optimum H₂O₂ dozu 400 mg/L'de sabit tutularak 100 ile 1000 mg/L arasında değişen 6 farklı Fe²⁺ dozunda deneyler yapılmıştır. Kullanılan atıksuyun karakterizasyonu Tablo 79'da, deneyler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 80'de verilmiştir.

Tablo 79. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu (03.07.2007) Özellikleri

Parametre	Birim	Değer
pH	-	6.93
KOİ	mg/L	701
Renk	Pt-Co	2164

Tablo 80. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimleri

H ₂ O ₂ (mg/L)	Fe ⁺² (mg/L)	Renk (Pt- Co)	KOİ (mg/L)	Renk giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)	Filtrasyon sonrası Renk (Pt-Co)
400	100	424	148	80	79	230
400	200	153	98	93	86	56
400	400	148	70	93	90	23
400	600	80	65	96	91	14
400	800	90	67	96	90	23
400	1000	73	59	97	92	22

Tablo 80’de verilen deney sonuçlarına göre; Fe⁺² konsantrasyonu, çalışılan en yüksek değer olan, 1000 mg/L seviyesindeyken dahi arıtma tesisi çıkış atıksuyuna ileri fenton uygulamasının yeniden kullanım renk kriterlerine ulaşmada tek başına yetersiz olduğu görülmektedir. 20 Pt-Co olan bu renk kriterine sedimentasyon sonrası duru fazdan alınan numunelere 5 µm mikrofiltrasyon uygulanmasından sonra 400 mg/L Fe⁺² dozu ve yukarıları için ulaşılabileceği görülmektedir.

3.4.8. Farklı Tarihlerde Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyundan Alınan Numunelere Fenton ve Mikrofiltrasyon Uygulaması

Fabrika proseslerinde kullanılan boya ve kimyasallarda, gereken son ürün ihtiyacına göre değişiklik yapılması dolayısıyla çıkış atıksuyu karakteristiği sabit kalmamakta, zaman içerisinde farklılıklar göstermektedir. Geri kullanım kriterlerinin proseslerdeki değişikliklerden bağımsız olarak, sürekli sağlanıp sağlanmadığını değerlendirebilmek amacıyla atıksu arıtma tesisi çıkış atıksularından farklı tarihlerde numuneler alınmış ve deney bu numunelerle tekrarlanmıştır. Bu deneylerde kullanılan atıksuların karakteristikleri Tablo 81’de ve elde edilen deney sonuçları Tablo 82-84 ‘de verildiği gibidir.

Tablo 81. Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Özellikleri

Parametre	11.08.2007	10.09.2007	05.10.2007
pH	7.15	7.53	7.09
KOİ (mg/L)	428	882	404
Renk (Pt-Co)	880	1212	1208

Tablo 82. 11.08.2007 Tarihli Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ve Mikrofiltrasyon (MF) ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi

H ₂ O ₂ (mg/L)	Fe ⁺² (mg/L)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)	Renk 5µ süzüntü (Pt-Co)	Renk Fenton + MF giderim (%)
400	100	165	218	81	49	87	90
400	200	183	102	79	76	52	94
400	400	119	45	87	90	29	97
400	600	79	19	91	96	25	97
400	800	76	12	91	97	30	97
400	1000	22	20	98	95	23	97

Tablo 83. 10.09.07 Tarihli Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ve Mikrofiltrasyon (MF) ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi

H ₂ O ₂ (mg/L)	Fe ⁺² (mg/L)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)	Renk 5µ süzüntü (Pt-Co)	Renk Fenton + MF giderim (%)
400	100	1092	654	10	26	902	27
400	200	147	463	88	48	115	91
400	400	243	365	80	59	160	87
400	600	149	305	88	65	63	95
400	800	88	290	93	67	37	97
400	1000	157	235	87	73	27	98

Tablo 84. 05.10.07 Tarihli Fabrika Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu için Fenton Oksidasyonu ve Mikrofiltrasyon (MF) ile Elde Edilen KOİ ve Renk Giderimi

H ₂ O ₂ (mg/L)	Fe ²⁺ (mg/L)	Renk (Pt-Co)	KOİ (mg/L)	Renk giderim verimi (%)	KOİ Giderim verimi (%)	Renk 5µ süzöntü (Pt-Co)	Renk Fenton + MF giderim (%)
400	100	435	168	64	58	320	74
400	200	139	100	89	75	26	98
400	400	101	31	92	92	19	98
400	600	65	9	95	98	3	99
400	800	51	15	96	96	9	99
400	1000	57	15	95	96	3	99

Yukarıda verilen tablolarda görüldüğü üzere biyolojik arıtmadan geçmiş atıksulara Fenton oksidasyonu ve ardından MF uygulaması sonucu renk ve KOİ yeniden kullanım kriterlerinin sağlanması her numunede mümkün olamamıştır; bu durumun fabrikanın değişen ürün ihtiyacına göre kullandığı farklı boyar maddeler ve kimyasallardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, Fenton oksidasyonu sonucunda ortaya çıkan çamur hacminin toplam reaktör hacminin %20-25'i arasında olduğu da gözlenmiştir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçların bu derece değişkenlik göstermesi ve ortaya çıkacak çamur problemi nedeniyle, atıksuyun yeniden kullanımına yönelik Fenton Oksidasyon uygulamasının uygun olmayacağı kanaatine varılmıştır.

3.4.9. Atıksu Biyolojik Parçalanabilirlik Deneyleri

Biyolojik arıtma prosesleri, atıksuda bulunan organik kirleticileri büyük oranda giderebilmeleri ve diğer proseslere kıyasla, işletme ve bakım maliyetlerinin daha düşük olması nedeniyle, genellikle tercih edilen proseslerdendir. Nitekim, daha önce de belirtildiği gibi, fabrikada halihazırda bir biyolojik atıksu arıtma tesisi mevcuttur. Ancak, gerek arıtma tesisinin performansının iyileştirelebilmesi, gerekse, fabrika üretim proseslerinde alınması önerilen önlemler sonrası ortaya çıkacak yeni atıksuyun biyolojik arıtılabilirliğinin ortaya konması açısından, bir seri biyolojik parçalanabilirlik testlerinin yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Halihazırda işletmede olan biyolojik atıksu arıtma tesisinin performansını

iyileştirebilme imkanı olup olmadığı, laboratuvar ölçekli sürekli sistem bir biyolojik reaktör çalıştırılarak araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları Bölüm 3.4.1'de sunulmuştur. Tesis içi önlemler alındıktan sonra ortaya çıkacak atıksuyun laboratuvarda üretilerek simüle edilmeye çalışılması nedeniyle atıksu miktarı sınırlı olduğundan, bu atıksuların biyolojik arıtılabilirliği için sürekli sistem biyolojik reaktör çalıştırılması mümkün olamamıştır. Bu nedenle, sürekli sistem yerine, kesikli sistem kullanılmış ve biyolojik arıtılabilirlik “biyolojik parçalanabilirlik (biyotest)” tespiti yoluyla ortaya konmaya çalışılmıştır. Benzer şekilde, ön arıtım uygulaması alternatiflerinden birisi olan ozonlama sonrası atıksu miktarı da sınırlı olduğundan, kesikli sistemde biyolojik parçalanabilirlik tespiti yoluna gidilmiştir. Bu kapsamda, tesis içi önlemler alınmadan önce ve alındıktan sonra oluşan atıksuya, ön arıtım uygulanmadan önceki ve ön arıtım uygulandıktan sonraki atıksular ile biyolojik parçalanabilirlik testleri yapılmış ve elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Tesis içi önlemler alınmadan önceki ve ön arıtım uygulanmamış atıksuya sürekli sistem biyolojik arıtılabilirlik deneyi uygulanmış olmasına (Bölüm 3.4.1) rağmen, bu sularla kesikli sistemde biyolojik parçalanabilirlik testi de, ayrıca, yapılmıştır. Bunun nedeni, diğer biyolojik parçalanabilirlik test sonuçları (tesis içi önlem alındıktan sonra ve/veya ön arıtım uygulamalarından sonra) ile doğrudan karşılaştırma yapmak imkanı elde edebilmektir.

a. Deneyler

Biyolojik parçalanabilirlik (biyotest) deneyleri için, proje kapsamında referans doküman olarak belirlenen IPPC BREF Tekstil Dokümanı'nın içerisinde yer alan Zahn-Wellens test metodu tercih edilmiştir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nün referans test metodu olan OECD 302-b (Zahn-Wellens) test metodu gereğince hazırlanan atıksu numunesinin KOİ değerinin 100 ila 1000 mg/L değerleri arasında olması gerekmektedir. Deneyin maksimum süresi 28 gün olup, deney için aerobik biyolojik çamur, test metodunda tarif edilen bir besin çözeltisi ve test edilecek atıksu numunesi gerekmektedir. İhtiyaç duyulan biyolojik aşı çamur, tesis atıksuyu ile çalıştırılan laboratuvar ölçekli sürekli sistem bir biyolojik reaktörden temin edilmiştir. Dolayısıyla, atıksuya adapte olmuş kültür kullanılmıştır. Besin solüsyonu ise, test metodunda tarif edilen şekilde hazırlanmıştır.

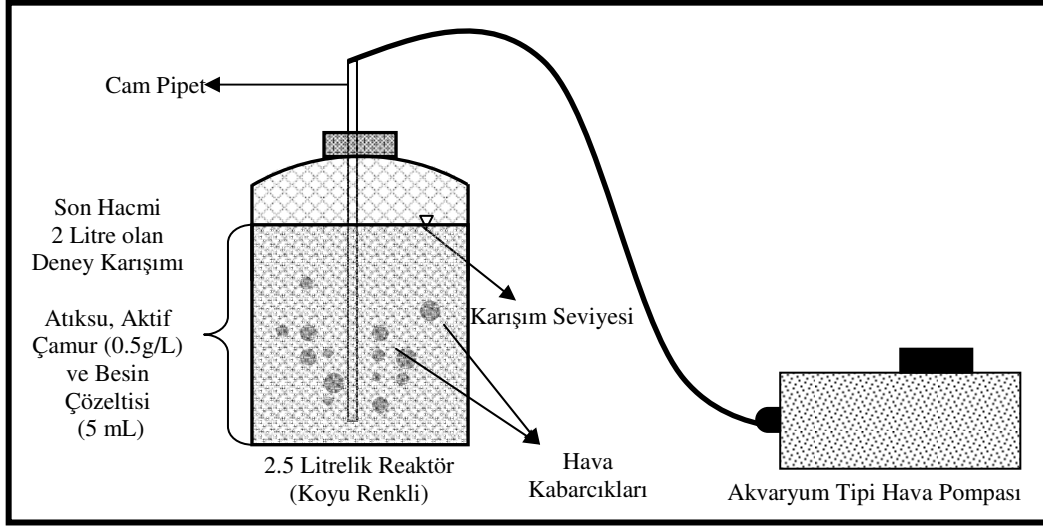
Reaktörler için 2,5 litrelik ışık geçirmeyen koyu renkte şişeler kullanılmıştır. Reaktörler içindeki çözülmüş oksijen ihtiyacını karşılamak için akvaryum hava pompaları kullanılmıştır

(Şekil 95). Tablo 85 besin çözeltisi hazırlamak için kullanılan kimyasallar ve miktarlarına ilişkin bilgileri göstermektedir.

Deney prosedüründe belirtildiği üzere, kullanılacak olan aşı çamurun reaktördeki nihai Toplam Katı Madde (TKM) değerinin 0,2 ila 1 g/L olması gerekmektedir. Yapılan TKM ölçümlerinde deneyler için kullanılan aşı çamurun TKM'sinin 15-17 g/L olduğu tespit edilmiştir. Bu ölçüme dayanarak, son hacmi 2 litre olan her bir reaktör içine 55-70 mL kadar aşı çamur konulmuş olup, reaktör içindeki biyolojik aşı çamur TKM konsantrasyonu 0,5 g/L olarak ayarlanmıştır. Ayrıca reaktör çalışmaya başlamadan önce, deney karışımının pH'sı 7-8 arasında olacak şekilde ayarlanmış ve pH değerinin günlük ölçümlerle 7-8 arasında kalması sağlanmıştır. Besin çözeltisi, söz konusu deney prosedüründe tarif edildiği gibi hazırlanmıştır. Reaktörlerden günlük olarak örnek alınıp, 0.45 µm filtre kağıdından süzülükten sonra, spektrofotometrik yöntem ile KOİ ölçülmüştür. Reaktörler, ölçülen KOİ'nin daha fazla azalmadığı zamana kadar (yaklaşık 10 gün) çalıştıktan sonra, deney sonlandırılmıştır. Deneylerin başlangıç ve bitiş zamanlarında alınan numunelerde, ayrıca, BOİ₅, iletkenlik ve renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ozonlama öncesi ve sonrası atıksularda başlangıç BOİ₅/KOİ oranı değerleri, biyolojik parçalanabilirliğin bir diğer göstergesi olarak da değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Tablo 85. Deneylerde Kullanılan Besin Çözeltisi İçeriği

Besin Çözeltisi - İçindekiler	Miktar
De-iyonize su	1 L
Amonyum Klorür (NH ₄ Cl)	38,5 g
Sodyum Dihidrojenfosfat (NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O)	33,4 g
Potasyum Dihidrojenfosfat (KH ₂ PO ₄)	8,5 g
Di-Potasyum Mono-Hidrojenfosfat (K ₂ HPO ₄)	21,75 g



Şekil 95. Deneysel Düzenek

Biyolojik parçalanabilirlik deneylerinin uygulandığı simüle edilmiş atıksular, tesis proseslerinden kaynaklanan atıksuların Tablo 86’da belirtilen oranlarından oluşmaktadır. Tesis içi önlemlerin neler olduğu ve simüle atıksularda uygulanan atıksu hatlarının oranlarının nasıl tespit edildiği Bölüm 3.4.4’de verilmiştir.

Tablo 86. Tesis İçi Önlem Alınmadan Önce ve Tesis İçi Önlemler Alınıktan Sonra Oluşan Atıksuların Bileşenleri

Atıksu	Önlem Öncesi Atıksu Dağılımı	Önlem Sonrası Atıksu Dağılımı
Boyama	%35	%24
Terbiye	%45	%31
Diğer	%20	%45

Biyolojik parçalanabilirlik deneyleri uygulanmadan önce, Tablo 86’da bileşenleri verilmiş olan atıksular, ön arıtmaya da tabi tutulmuştur. Ön arıtma prosesi olarak ozonlama uygulanmıştır ve farklı dozlardaki ozon konsantrasyonlarına göre biyolojik parçalanabilirlik gözlemlenmiştir. Deneylerde kullanılan atıksuların karakteristik özellikleri Tablo 87’de belirtilmiştir.

Tablo 87. Ön Arıtma Uygulanmayan ve Uygulanan Atıksuların Karakteristik Özellikleri

Parametre	Tesis İçi Önlemler Alınmadan Önce				Tesis İçi Önlemler Alındıktan Sonra		
	Ön Arıtma	2340mg	3240mg	3960mg	Ön Arıtma	3240mg	3960mg
	Uygulanmayan	O ₃ /Saat	O ₃ /Saat	O ₃ /Saat	Uygulanmayan	O ₃ /Saat	O ₃ /Saat
Renk (PtCo)	3680	912	682	610	4510	799	630
KOİ (mg/L)	2658	1644	1338	1334	2881	2314	2005
İletkenlik (mS/cm)	19,20	14,72	14,1	12,92	13,62	11,07	10,83
BOİ ₅ /KOİ	0,25	0,24	0,34	0,38	0,45	0,38	0,49

Tablo 87'den görüleceği üzere, biyolojik parçalanabilirliği test edilen suların KOİ değerleri, kullanılacak olan test metodunda belirtilen aralığın (100-1000 mg/L KOİ) üzerindedir. Bu sebeple, atıksular yeterli miktarda seyreltilerek KOİ değerleri metotta belirtilen seviyeye (~1000 mg/L) indirilmiştir.

b. Analitik Yöntemler

Biyolojik parçalanabilirlik deneyleri için ihtiyaç duyulan ölçümler için aşağıda belirtilen yöntemler ve/veya cihazlar kullanılmıştır:

pH ve Sıcaklık: pH değerleri, pH metre (Model 2906, Jenway LTD., UK) ve pH probu (G-05992-55, Cole Parmer Instrument Co., USA) kullanılarak, sıcaklıklar ise aynı ekipmanın sıcaklık ölçer özelliği kullanılarak ölçülmüştür.

Toplam Katı Madde: Standart Metotlar (APHA, 1998)'da belirtilen yöntem ile ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Hach KOİ kiti ve Hach Spektrofotometresi (Model No 45600-02, Cole Parmer Instrument Co., USA) kullanılarak, USA EPA tarafından onaylı metod uygulanarak ölçülmüştür.

Renk: Pt-Co cinsinden, 455 nm dalga boyunda Hach Spektrofotometresi (Model No 45600-02, Cole Parmer Instrument Co., USA) ile ölçülmüştür.

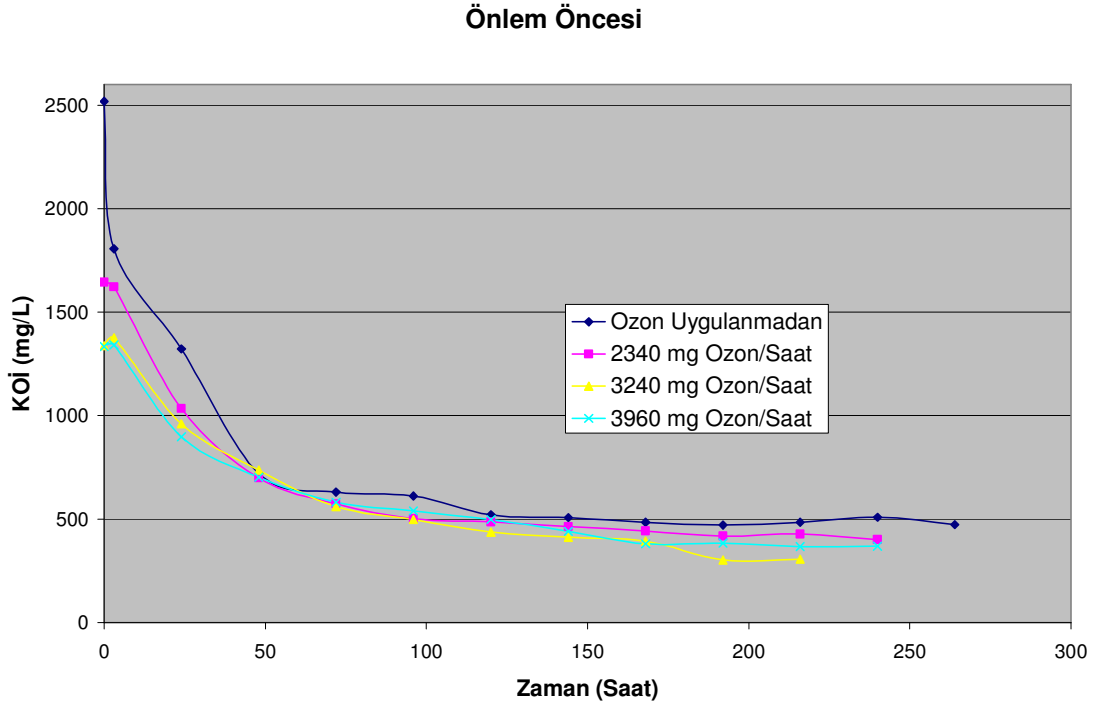
İletkenlik: Ölçümler Hach Sension 378 pH, Conductivity, Dissolved Oxygen meter kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ): Standart Metodlar (APHA, 1998)'da belirtilen yöntem kullanılarak ölçülmüştür.

c. Bulgular

i. Tesis İçi Önlemler Alınmadan Önce

Tesis içi önlemler alınmadan önce oluşan atıksuyun biyolojik parçalanabilirlik deney sonuçları, KOİ'deki değişim cinsinden, Şekil 96'da verilmektedir.

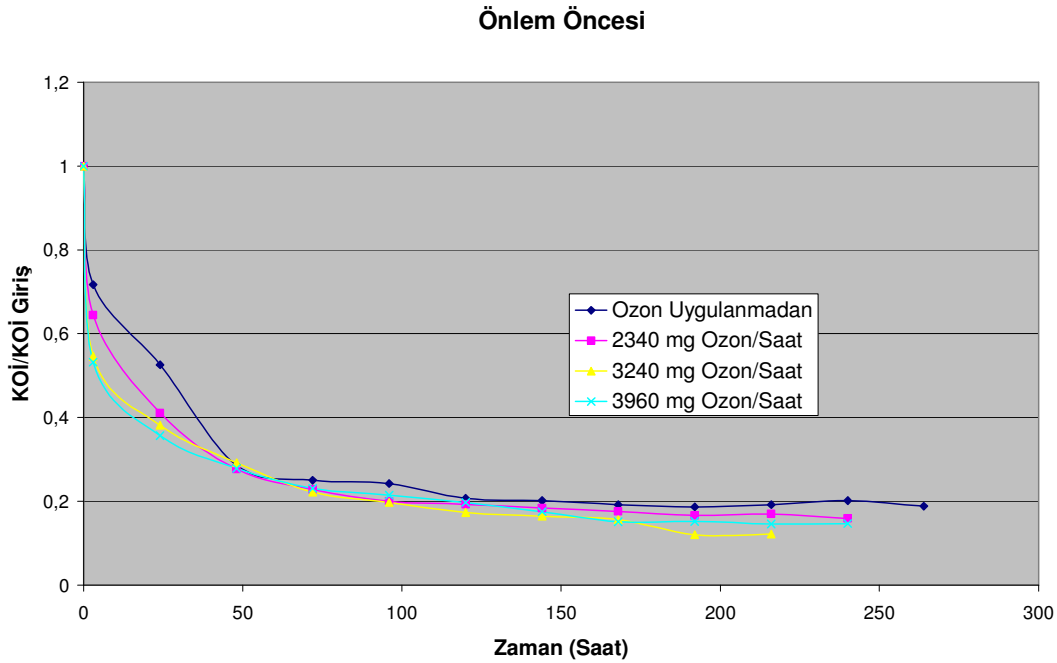


Şekil 96. Tesis İçi Önlem Öncesi Atıksuyundaki KOİ Giderimi

Şekil 96'dan görülebileceği gibi, tesis içi önlemler alınmadan önceki atıksuyun KOİ değeri deney sonunda yaklaşık %80 oranında azalmıştır. Ozonlamanın biyolojik parçalanabilirliğe etkisini, karşılaştırmalı olarak daha net görebilmek amacıyla, $KOİ/KOİ_{Giriş}$ oranının zamanla değişim grafiği Şekil 97'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde, reaktör çalışmaya başladıktan 24 saat sonra, ozon uygulanmayan atıksudaki KOİ gideriminin %48 olduğu görülmektedir. Ön arıtıma tabi tutulmuş atıksuların 24 saat sonundaki KOİ giderim verileri Tablo 88'de belirtilmektedir. KOİ giderim hızı, ön ozonlama ile, özellikle ilk 24 saat içerisinde artış göstermektedir. Bu artış, Şekil 97'te net olarak görülmektedir.

Tablo 88. 24 Saat Sonundaki KOİ Giderimi

Atıksu	24 Saat Sonundaki KOİ Giderimi
Ön Arıtım Uygulanmayan	% 48
2340mg Ozon/Saat + Biyotest	% 59
3240mg Ozon/Saat + Biyotest	%62
3960mg Ozon/Saat + Biyotest	% 65



Şekil 97. Önlem Öncesi Atıksuyundaki %KOİ Giderimi

Dokuzuncu günün sonundaki veriler incelendiğinde, ozon uygulanmayan atıksudaki KOİ gideriminin %80, 3240 mg ozon/saat ön arıtmaya tabi tutulan atıksudaki toplam KOİ giderim oranının ise yaklaşık %90 olduğu görülmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken, biyolojik parçalanabilirlik deneyinin ozonlama işleminden bağımsız tutulmaması gerektiğidir. Tablo 3’deki veriler incelendiğinde, 3240 mg ozon/saat ile ön arıtmadan geçen atıksuyun KOİ değeri 1338 mg/L’ye düşmektedir. Biyolojik parçalanabilirlik testinden sonra ise KOİ 300 mg/L (Şekil 96) olarak gözlemlenmiştir. Bu iki değer dikkate alındığında KOİ gideriminin %77 olduğu düşünülebilir fakat tesis içi önlemler alınmadan önceki atıksuyun KOİ değerinin yaklaşık 2700 mg/L olduğu göz önünde bulundurulduğunda, ozon ile ön arıtmayı takip eden biyolojik arıtma ile KOİ değerinde %90’lık toplam giderim sağlanacağı görülmektedir.

Tablo 89’da, tesis içi önlemler alınmadan önceki atıksu için elde edilen renk giderim verimleri sunulmaktadır. Bu tablodan görüldüğü üzere, renk giderimi, ozonlamaya tabi tutulmadığında %64, ön ozonlamaya tabi tutulduğunda ise %85-86 olarak gerçekleşmiştir. KOİ giderim verimleri ile karşılaştırıldığında, renk giderim verimlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da, ozonlama ile renk veren organik maddelerin parçalandığını ve/veya renk vermeyen başka organik maddelere dönüştüğünü göstermektedir.

Tablo 89. “Ozonlama +Biyotest” Uygulanan ve Yalnızca Biyotest Uygulanan Atıksuda Renk Giderim Değerleri (Tesis İçi Önlem Öncesi)

Parametre	Ozonlanmamış	Ozonlanmış (mg O ₃ /saat)		
		2340	3240	3960
Giriş Renk (PtCo)		3680		
Çıkış Renk (PtCo)	1315	552	544	522
% Renk Giderimi	64	85	85	86

Tablo 90’da ise, ozonlamanın atıksuyun biyolojik parçalanabilirliği üzerindeki etkisi BOİ₅/KOİ oranı açısından gösterilmektedir. Bu tabloda görüldüğü gibi, uygulanan en düşük ozon dozu olan 2340 mg O₃/saat uygulaması, ozonlanmamış atıksuya göre herhangi bir iyileşmeye neden olmamıştır. Bununla beraber, ozonlamaya tabi tutulan atıksulardaki BOİ₅/KOİ oranları ozon dozundaki artışla artmaktadır. Bir başka deyişle, ozonlamaya tabi

tutulan atıksulardaki, biyolojik olarak parçalanabilen organik madde miktarında, artan ozon dozlarında artış görülmektedir. Bu sonuç da, ozonlama işlemine tabi tutulan atıksuların, biyolojik arıtma işlemlerinde daha verimli sonuçlar vereceğini ortaya koymaktadır. Bu gözlem, Şekil 97’de sunulan bulguları teyit etmektedir.

Tablo 90. Ozonlama İşleminin BOİ₅/KOİ Oranına Etkisi (Tesis İçi Önlem Öncesi)

Parametre	Ozonlanmamış	Ozonlanmış (mg O ₃ /saat)		
		2340	3240	3960
BOİ ₅ /KOİ	0,25	0,24	0,34	0,38

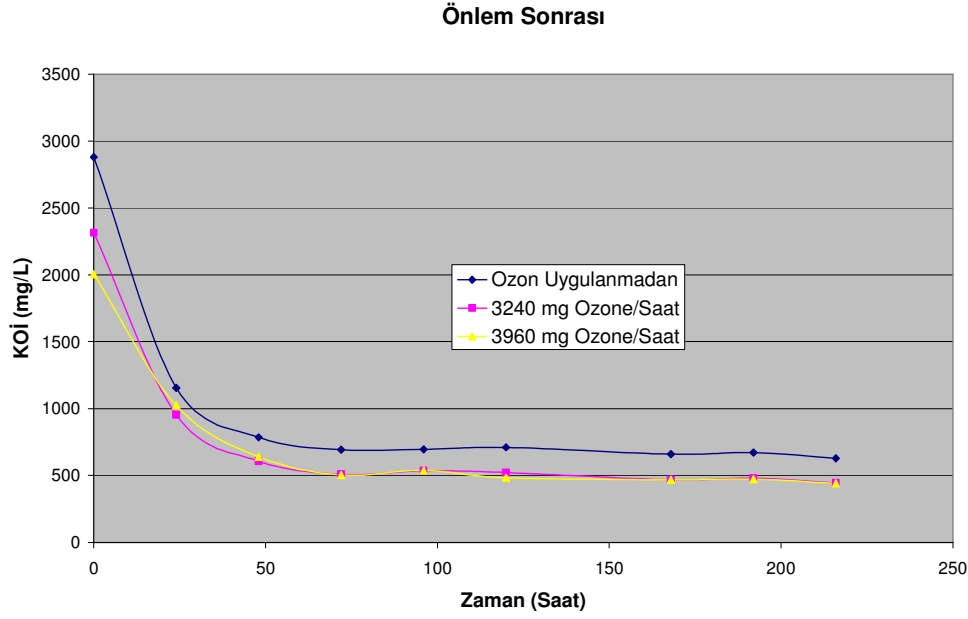
Ayrıca, uygulanan arıtma süreçlerinin atıksuyun iletkenlik değeri üzerine etkisi de irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo91’de verilmektedir. Ön arıtmasız biyolojik arıtma uygulaması sonrası, iletkenlik çıkış değerinde (15,95 mS/cm) giriş değerine (19,2 mS/cm) göre bir düşüş gözlenmiştir (Tablo 91). Bu durum beklenenin aksinedir. Çünkü, biyolojik arıtma sırasında mineralizasyon nedeniyle az da olsa bir miktar artış dahi beklenebilir. Bununla beraber, organik madde yapısındaki bazı grupların biyolojik olarak oksitlenerek uçucu formlara dönüşmesinin iletkenlik değerinde bir düşüşe neden olması da mümkündür. Ancak, yaklaşık 3 mS/cm değerinde bir düşüşe neden olabileceğini net olarak söylemek mümkün değildir. Burada işaret edilmesi gereken bir diğer husus, bu kadar yüksek bir iletkenlik değerinde biyolojik aktivitenin olumsuz etkilenmeden gerçekleşmesidir. Bu durum, deneylerde kullanılan biyokütlenin atıksuya adapte olmuş kültür olmasına bağlanmıştır. Tablo 91’den anlaşılacağı üzere, ozonlamayı takip eden biyolojik arıtma sonrasında ise, iletkenlik değerlerinde ön arıtmasız uygulamaya göre yaklaşık %20 oranında azalma sağlanmıştır.

Tablo 91. Ön Arıtma İşleminin İletkenlik Değerlerine Etkisi (Tesis İçi Önlem Öncesi)

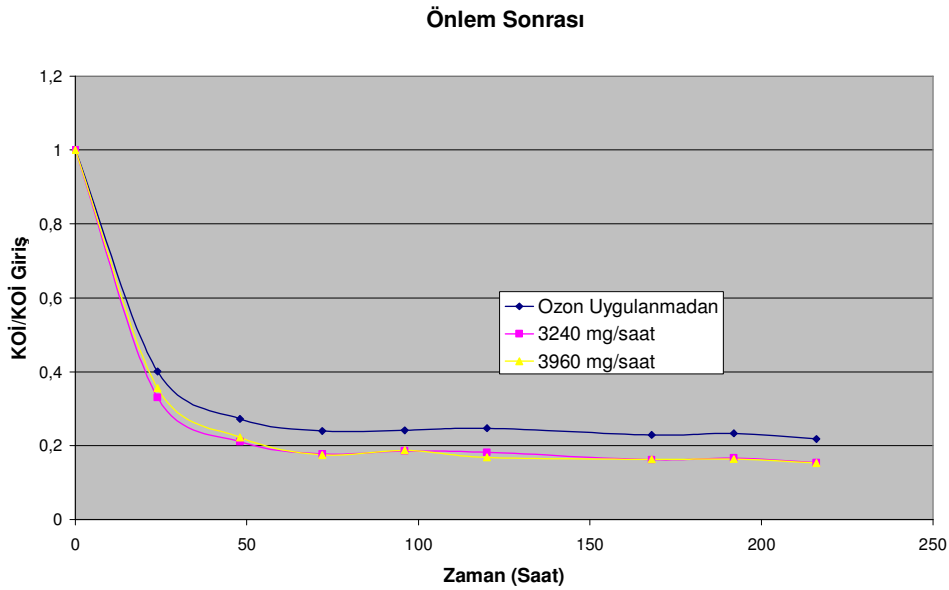
Parametre	Ozonlanmamış	Ozonlanmış (mg O ₃ /saat)		
		2340	3240	3960
Giriş İletkenlik (mS/cm)		19,2		
Çıkış İletkenlik (mS/cm)	15,95	13,1	13,13	13,11
% Giderim	% 17	%32	%32	%32

ii. Tesis İçi Önlemler Alındıktan Sonra

Tesis içi önlemler alındıktan sonraki atıksuyla gerçekleştirilen deneylere ilişkin veriler Şekil 98’de verilmektedir. Bu şekilden görüleceği üzere, elde edilen sonuçlar, tesis içi önlemler alınmadan önceki atıksu ile yapılan deney sonuçları ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 98. Tesis İçi Önlem Sonrası Tesis Atıksuyunda KOİ Giderimi



Şekil 99. Tesis içi önlem sonrası tesis atıksuyundaki %KOİ giderimi

Şekil 99'dan görüleceği gibi, ön arıtmaya tabi tutulmayan atıksudaki KOİ giderimi %78, iki farklı dozda ozon ile ön arıtmaya tabi tutulan atıksulardaki toplam KOİ giderimi ise her iki dozda da %85 olarak gözlenmiştir .

Tablo 92'de, tesis içi önlemler alındıktan sonraki atıksu için elde edilen renk giderim verimleri sunulmaktadır. Bu tablodan görüldüğü üzere, renk giderimi ozonlamaya tabi tutulmadığında %39, ön arıtmaya tabi tutulduğunda ise yaklaşık %85-88 olarak gözlenmiştir. Diğer bir deyişle, ozonlamanın olumlu etkisi net olarak görülmektedir. Tesis içi önlemler alınmadan önceki atıksu deneylerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, ozonlanmamış atıksuda renk giderimi (% 39) oldukça düşüktür. Bu durum, tesis içi önlemler alındıktan sonra atıksu kompozisyonundaki değişime işaret etmektedir. Tesis içi önlemler alınmadan önce 3680 Pt-Co olan atıksu renk değeri, tesis içi önlemler alındıktan sonra 4510 Pt-Co olarak ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, elde edilen daha düşük renk gideriminin nedeni kısmen bu olabilir; ancak, bu durumun daha çok renk veren madde kompozisyonu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Fabrikada farklı zamanlarda kullanılan farklı boya türlerinin elde edilen daha düşük renk giderme veriminin nedeni olabileceği de düşünülmektedir. Diğer taraftan, ozonlama sonrasında, gerek tesis içi önlemler alınmadan önce gerekse alındıktan sonra ulaşılan renk değerleri benzerdir (Tablo 89 ve Tablo 92). Yani, tesis içi önlem alındıktan sonra atıksu daha konsantre olmasına rağmen, ozonlama sonrası biyolojik arıtma performansı renk parametresi açısından, tesis içi önlem alınmadan önceki durum ile hemen hemen aynı olmuştur. Bu da ozonlama uygulamasının etkisini ve önemini net olarak göstermektedir.

Tablo 92. “Ozonlama +Biyotest” Uygulanan ve Yalnızca Biyotest Uygulanan Atıksuda Renk Giderim Değerleri (Tesis İçi Önlem Sonrası)

Parametre	Ozonlanmamış	Ozonlanmış (mg O ₃ /saat)	
		3240	3960
Giriş Renk (PtCo)		4510	
Çıkış Renk (PtCo)	2740	694	535
% Renk Giderimi	39	85	88

Tablo 93'te ise, ozonlamanın tesis içi önlemler alındıktan sonra ortaya çıkması öngörülen atıksuyun biyolojik parçalanabilirliği üzerindeki etkisi BOİ₅/KOİ oranı açısından gösterilmektedir. Bu tabloda görüldüğü gibi, ozonlanmış atıksuyun BOİ₅/KOİ oranı 0,45 olarak gözlenmiştir. Bu değer, tesis içi önlem alınmadan önceki atıksu için bulunan değer olan 0,25 değerinden (Tablo 90) yaklaşık iki kat daha fazladır. Bu durum, tesis içi önlem alındıktan sonra ortaya çıkacak atıksuyun biyolojik parçalanabilirliğinin, tesis içi önlem alınmadan önceki atıksuya göre ciddi oranda artacağına işaret etmektedir. Diğer taraftan, 3240 mg O₃/saat uygulaması, ozonlanmamış atıksuya göre herhangi bir iyileşmeye neden olmamış, hatta biyolojik parçalanabilirliği olumsuz yönde etkilemiştir (Tablo 93). Bunun nedeni anlaşılamamıştır. Bununla beraber, ozon dozunun 3960 mg O₃/saat değerine çıkarılması ile BOİ₅/KOİ oranı 0,38'den 0,49'a artmıştır. Yani, ozonlamaya tabi tutulan atıksuların, biyolojik olarak parçalanabilen organik madde miktarında, artan ozon dozu ile bir artış görülmekle birlikte, 3240 mg O₃/saat uygulamasının ozonlanmamış atıksuya göre daha düşük bir biyolojik parçalanabilirliği işaret etmesine bir açıklama getirilememiştir.

Tablo 93. Ozonlama İşleminin BOİ₅/KOİ Oranına Etkisi (Tesis İçi Önlem Sonrası)

Parametre	Ozonlanmamış	Ozonlanmış (mg O ₃ /saat)	
		3240	3960
BOİ ₅ /KOİ	0,45	0,38	0,49

Uygulanan arıtma süreçlerinin atıksuyun iletkenlik değeri üzerine etkisi Tablo 94'te verilmektedir. Tesis içi önlemler alınmadan önceki atıksuyun aksine, tesis içi önlem alındıktan sonra ortaya çıkan atıksuyun iletkenlik değerinde, biyolojik arıtma uygulaması sonrası, herhangi bir değişim olmamıştır. Ancak, ozonlama sonrasında, iletkenlik değeri yaklaşık 13 mS/cm değerinden 10 mS/cm değerine düşmüştür. Bu düşüşün nedeni, atıksudaki organik madde yapısında bulunabilecek bir takım grupların (COO⁻, amin grubu gibi) ozon ile oksitlenme sonucu uçucu maddelere (CO₂, NH₃, N₂ gibi) dönüşmesi olarak açıklanabilmekle birlikte, 3 mS/cm gibi bir farka neden olabileceği tartışmalıdır. Bununla beraber, artan ozon dozu ile iletkenlik değerinde daha fazla bir azalma gözlenmemiştir.

Tablo 94. Ön Arıtma İşleminin İletkenlik Değerlerine Etkisi (Tesis İçi Önlem Sonrası)

Parametre	Ozonlanmamış	Ozonlanmış (mg O ₃ /saat)	
		3240	3960
Giriş İletkenlik (mS/cm)		13,8	
Çıkış İletkenlik (mS/cm)	13,24	10,86	10,61
% Giderim	% 4	% 21	% 23

3.5. Terbiye Prosesinde Kostik Geri Kazanımı Çalışmaları

Terbiye işlemleri atıksuları içerdikleri yoğun kostik ile gerek çevresel açıdan gerekse ekonomik açıdan tekstil sanayinde geri kazanım çalışması gerektiren önemli atıksulardan birisidir. Bu çalışmada, projenin atıksu yönetimi çalışmaları kapsamında, işletmenin terbiye kısmındaki yıkama işlemleri ile deşarj edilen atıksudan kostik kimyasalının geri kazanılması hedeflenmiştir.

Bu alandaki yapılmış çalışmalar dikkate alınarak ilk olarak geri kazanım uygulanacak atık suyun karakterizasyonu yapılmıştır. Alınan atıksu örneklerinde yapılan karakterizasyon çalışması ile atıksuyun kirlilik yükü ve kostik içeriği hakkında bilgi edinilmiştir. Tablo 95'te atıksu karakterizasyon sonuçları görülmektedir. Bunun yanında, kostikli su çıkışı olan farklı noktalarda yapılan karakterizasyon çalışmaları ile atıksuyun birbirini takip eden yıkama basamaklarında ilerledikçe seyrelmeye uğradığı görülmüştür. Bu yüzden geri kazanımın en verimli şekilde uygulanabileceği kostikli su deşarj noktası seçilmiş (ilk yıkama teknesi), bundan sonraki çalışmalar da bu örnekleme üzerinden sürdürülmüştür.

Tablo 95. Terbiye makinesi yıkama tekneleri atıksu ortalama karakterizasyon değerleri

Yıkama Teknesi	pH	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/L)	Bulanıklık (NTU)	Renk (Pt-Co)	AKM (mg/L)	ÇKM (mg/L)	Alkalinite (mg/L CaCO ₃)
İlk	12.31	150	8524	879	10113	1632	61947	41163
Orta	11.67	13	2080	561	3651	172	5186	3204
Son	8.99	1	542	138	844	40	1151	382
Ana Hat (Filtre Çıkışı)	11.32	18	1863	289	2994	132	6236	4196

Kostik, BREF Tekstil Dokümanında da belirtildiği gibi geri kazanılabilir bir ham maddedir. Fakat bu alandaki mevcut çalışmalara bakıldığında BREF Dokümanında önerilen buharlaştırma metodu ile kostik geri kazanımının yetersiz kaldığı görülmüştür. Günümüzde membran uygulamaları birçok geri kazanım konusunda olduğu gibi kostik geri kazanımında da mevcut en iyi yöntem halini almıştır. İşletmenin terbiye bölümünde kostik geri kazanım amacıyla kurulmuş "Kasag" adı verilen BREF Dokümanında da belirtilen buharlaştırma yöntemiyle çalışan bir makine mevcuttur. Fakat aşırı kirlilik ve köpük oluşumuna sebep olması ile birlikte getirdiği artan maliyet yüzünden kullanılmamaktadır. Fabrikadaki mevcut koşullar ve literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında membran yöntemiyle kostiğin geri kazanılması kararı alınmıştır.

Mevcut çalışmalar incelendiğinde ve karakterizasyon çalışmaları sonucu elde edilen bulgular doğrultusunda membran filtrasyon uygulaması öncesi ön arıtım alternatifi değerlendirilmiştir. Bu amaçla çeşitli ön arıtım seçenekleri çalışılmış, mikrofiltrasyon (MF), flokulasyon ve santrifüj, fakat istenilen verim alınamamıştır. Ön filtrasyon çalışmalarında elde edilen sonuçlar ve literatürde yapılan araştırmalar (Choe ve diğerleri, 2005; Schlesinger ve diğerleri,2006) doğrultusunda atık suyun doğrudan ultrafiltrasyon (UF) ya da nanofiltrasyon (NF) membran ünitesine verilmesine karar verilmiş ve membran çalışmalarına başlanmıştır. UF deneyleri, DSS Labstak M20 membran modülü ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde düz (flat sheet) yapıda net filtrasyon alanı 0,036 m² olan membranlar kullanılmıştır. UF deneylerinde kullanılan membran spesifikasyonları moleküler ağırlık birimi 2,000 Dalton ve yapısı PES olarak üretici firma tarafından verilmiştir. UF deneyleri 4.07 bar transmembran basıncı altında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, suyun orjinal pH'sı olan 12.96 da ve sabit sıcaklıkta (18±2 °C) yürütülmüştür. Membran ünitesi, konsantre ve süzüntü suyu akıntıları besleme tankına geri döndürülerek (total recycle mode) çalıştırılmıştır ve deneyler atıksu akıları sabitlenene kadar sürdürülmüştür (10-15 saat). UF deneylerinin performansı akı, NaOH (mg/L), renk (Pt-Co) ve KOİ (mg/L) parametrelerinin ölçülmesi ile belirlenmiştir.

UF ile kostik geri kazanımında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiş; NaOH'in %96-100 lük kısmı geri kazanılmıştır. Bunun yanında %94 civarında renk giderimi ve %78-80 civarında KOİ giderimi elde edilebilmiştir.

Kostik geri kazanımında UF ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda membran çalışmaları genişletilmiştir. Mevcut denenmiş UF ve üç farklı NF membranı ile çeşitli işletme koşulları denenmiş ve bu membranların kostik geri kazanımındaki verimleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar yürütülürken fabrika ile görüşülüp bu alanda hazır membran sistemine sahip olan bir membran firmasının pilot sisteminin kurulması sağlanmıştır. Bu sayede deneysel ölçekli çalışmalara paralel olarak pilot ölçekte bu sistemin çalışması hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

3.5.1. Yöntem

NF çalışmaları da UF deneylerinde kullanılan DSS Labstak M20 membran modülü ile gerçekleştirilmiştir. MF ve UF çalışmalarından elde edilen bilgiler ve atıksu karakterizasyon verileri doğrultusunda PES bazlı NF membranları tercih edilmiştir. NF ve UF çalışmalarında kullanılan membranların özellikleri Tablo 96’da verilmiştir.

Tablo 96. NF ve UF membranları özellikleri

Membran	GR95PP	NP010	NP030	MPT34
Malzeme	Polypropylene destekli Polyethersulfone	Polyethersulfone	Polyethersulfone	Polyethersulfone
Maksimum sıcaklık, °C	75	95	95	70
Nominal MWCO(g/mol)	2000	1000	500	200
Maksimum basınç, bar	10	40	40	40
pH Aralığı	1 – 13	0 – 14	0 – 14	0 – 14

Membran	GR95PP	NP010	NP030	MPT34
Tür	UF	NF	NF	NF

NF deneyleri çeşitli transmembran basıncı (TMP) ve yatay-geçiş hızı koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, suyun orjinal pH'sı olan 12.00 - 13.00 de ve sabit sıcaklıkta ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) yürütülmüştür. Membran ünitesi, konsantre ve süzüntü suyu akıntıları besleme tankına geri döndürülerek (total recycle mode) çalıştırılmıştır ve deneyler atıksu akıları sabitlenene kadar sürdürülmüştür. Deneylerin performansı akı, NaOH (mg/L), renk (Pt-Co) ve KOİ (mg/L) parametrelerinin ölçülmesi ile belirlenmiştir.

Laboratuar ölçekli çalışmaların yanında fabrikaya kurulan pilot ölçekli kostik geri kazanım sistemi ile de çalışmalar yürütülmüştür. Kurulan sistem Koch membran firmasının SelRO MPT-34 adlı pilot ölçek kostik geri kazanım sistemidir. Karakterizasyon çalışmaları da göz önüne alınarak, pilot sistem deneysel ölçekli çalışmalarda kullanılan kostikli atık suyun prosten çıkış noktasına kurulmuştur. İşletmede kurulu haldeki pilot sistemin fotoğrafı Şekil 100' de görülmektedir. Pilot ölçek sistemle ilgili performans çalışmaları halen yürütülmektedir. Sistemin ilk kurulumunda, çok çabuk tıkanma problemiyle karşılaşmıştır. Erken tıkanmanın önlenmesi için membran ünitesinden önce mikrofiltrasyon denenmiştir. Ancak, mikrofiltrasyon ile de erken tıkanma problemi önlenememiştir. Bunun giderilmesine yönelik olarak pilot ölçek sistem öncesi ultrafiltrasyon kullanılmasına karar verilmiştir ve halihazırda fabrikada bu sistemin performans değerlendirme çalışmaları yürütülmektedir.



Şekil 100. SelRO MPT-34 Pilot Sistemi

3.5.2. Kostik Geri Kazanımında NF Sonuçları

Membran uygulamaları çeşitli TMP ve yatay geçiş hızlarında gerçekleştirilerek, bu parametrelerin UF ve NF prosesleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla seçilmiş PES bazlı UF ve NF membranları ile uygulanan deneysel çalışma planının özeti Tablo 97’de verilmiştir.

Tablo 97. Membran uygulamaları deney koşulları

Membran	Trans Membran Basıncı (bar)	Yatay Geçiş Hızı (m/sn)	Sıcaklık ($^{\circ}$ C)	Deney Seti
GR95PP	2.38	0.79	18 \pm 2	1
	4.03	0.42	18 \pm 2	2
	4.03	0.79	18 \pm 2	3
	6.23	1.40	18 \pm 2	4
NP030	4.03	0.79	18 \pm 2	5
NP010	4.03	0.79	18 \pm 2	6

Membran	Trans Membran Basıncı (bar)	Yatay Geçiş Hızı (m/sn)	Sıcaklık ($^{\circ}$ C)	Deney Seti
	4.03	0.79	40 \pm 2	7
	4.03	0.42	18 \pm 2	8
	4.03	0.42	40 \pm 2	9
	4.03	1.40	18 \pm 2	10
	6.23	0.79	18 \pm 2	11
MPT34	4.03	0.79	18 \pm 2	12

Deney koşullarının belirlenmesinde ilk çalışma olan UF sonuçlarından yararlanılmıştır. İlk 4 set incelediğinde GR95PP kodlu UF membranı sırayla basınç ya da hız sabit tutularak denenmiş, UF için en iyi koşullar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre UF ile kostik geri kazanımı için 4.03 bar TMP ve 4.03 m/sn yatay geçiş hızı ile en iyi verim sağlanabilmektedir.

UF için en iyi koşullar bulunduktan sonra NF çalışmaları yürütülmüştür. İlk aşamada UF sonuçları ile karşılaştırmak amacıyla 3 farklı NF membranı 4.03 bar TMP ve 4.03 m/s yatay geçiş hızında denenmiş ve NP010 kodlu NF membranının en iyi verimi sağladığı görülmüştür. Üç adet NF ve bir adet UF membranının NaOH, KOİ, renk ve akı bakımından değerlendirilmesi Tablo 98’ de özetlenmiştir.

Tablo 98. Aynı koşullardaki UF ve NF deneyleri sonuçları (TMP = 4.03 bar, CFV = 0.79 m/s ve T=18 \pm 2 $^{\circ}$ C)

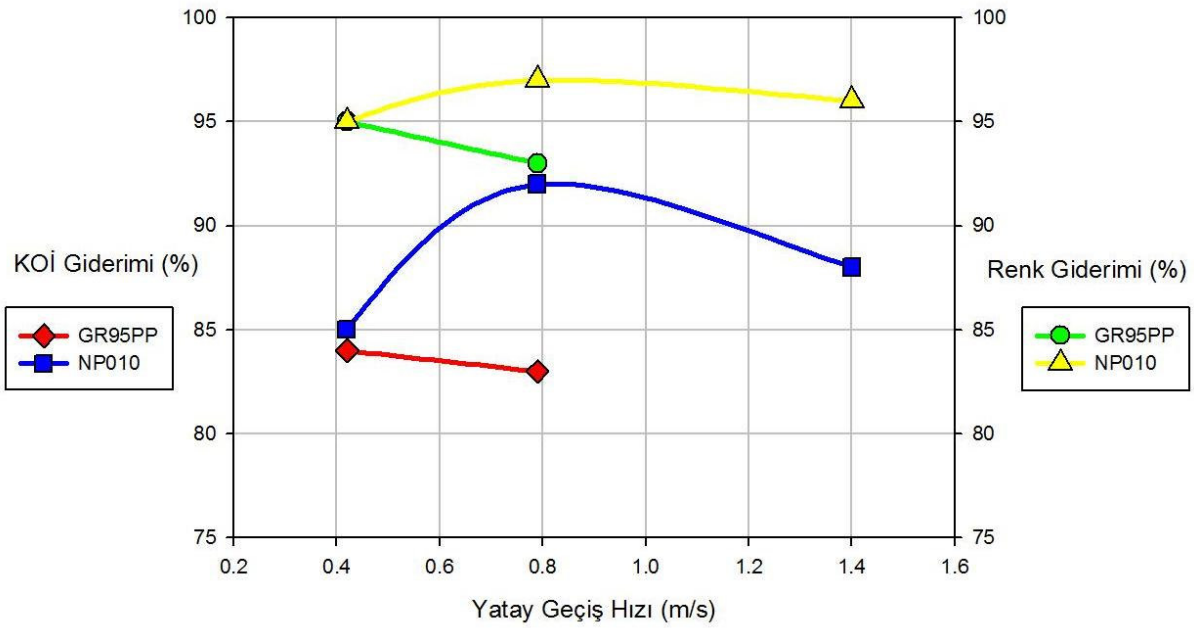
Membran	Renk Giderimi (%)	KOİ Giderimi (%)	NaOH Geri Kazanımı (%)	Akı (L/m ² /s)
GR95PP	93	83	100	13.6
NP010	98	90	100	20.6
NP030	97	90	100	6.0
MPT34	99	95	100	3.4

UF ve NF işlemlerinde TMP ve yatay geçiş hızı gibi parametrelerin önemli etkileri vardır. Bu amaçla en iyi performansa sahip NF membranı ile UF membranının bu parametrelere duyarlılığı değerlendirilmiştir. Tablo 99’da basınç ve hızın NF ve UF prosesleri üzerindeki etkileri görülmektedir. Sabit TMP altında yatay geçiş hızındaki artış her iki membran uygulamasında da akı değerlerinde artışa sebep olmuştur. Sabit yatay geçiş hızında TMP deki artışın etkisine bakıldığında da aynı eğilim görülmektedir.

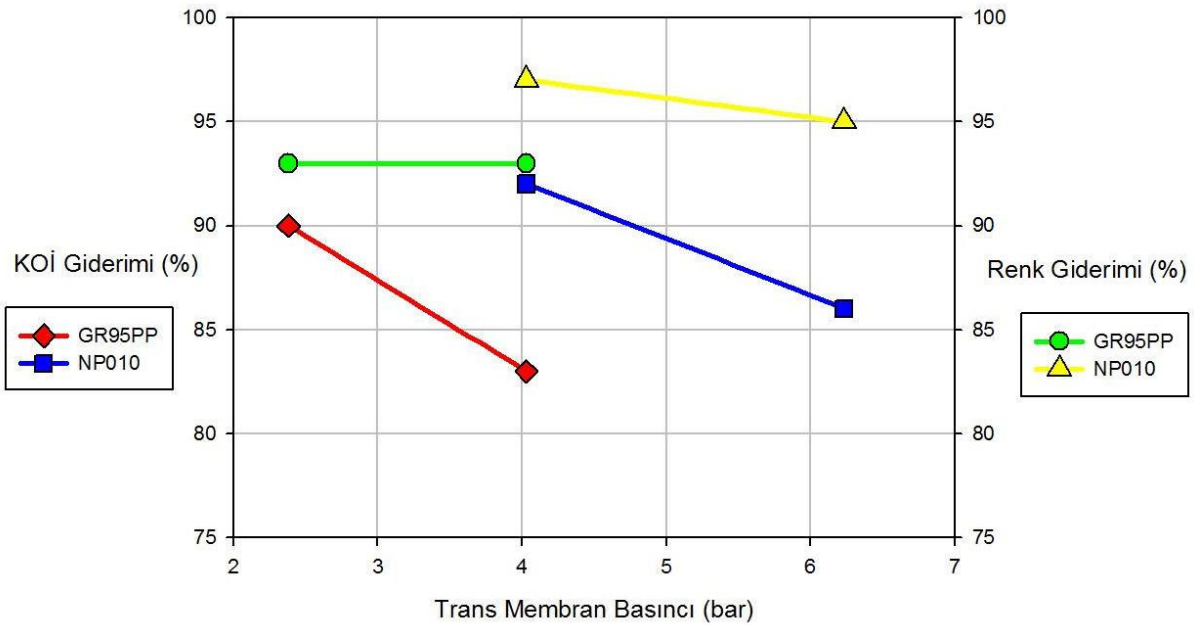
Tablo 99. Yatay geçiş hızı ve TMP nin akı üzerindeki etkisi

Yatay geçiş hızı (m/s)	Akı (L/m ² /sa)		TMP (bar)	Akı (L/m ² /sa)	
	GR95PP	NP010		GR95PP	NP010
0.42	11	18	2.38	7	
0.79	14	21	4.03	14	21
1.40		25	6.23		19

Hız ve basıncın KOİ ve renk giderimi üzerindeki etkisi akı üzerinde olandan farklı eğilimler göstermiştir. Şekil 101 ve 102’de KOİ ve renk giderimlerinin değişimi görülmektedir. 4 bar’ın üzerindeki transmembran basıncındaki artış akı da olduğu gibi KOİ ve renk giderimlerini de düşürmüştür. Bu sonuç, membranların yüksek alkali koşullarda yüksek transmembran basıncının performansı düşürdüğünü göstermektedir. Bunun yanında yatay geçiş hızındaki artış akı değerlerini artırırken, KOİ ve renk giderimlerinin de düşmesine sebep olmuştur. Çünkü akı değerindeki artış ile iyonların konvektif yolla taşınması ve membran yüzeyindeki konsantrasyon polarizasyonundaki artış yüzünden giderimlerde düşüş yaşanmıştır (Petrinic ve diğerleri, 2007).



Şekil 101. Yatay geçiş hızının KOİ ve renk giderimi üzerindeki etkisi



Şekil 102. TMP'nin KOİ ve renk giderimi üzerindeki etkisi

Kostik geri kazanımı çalışmaları kapsamında son olarak optimum NF koşullarında ($\Delta P = 4.03$ bar ve yatay geçiş hızı = 0.79 m/s) sıcaklık etkisi çalışılmıştır. Bu çalışmanın yürütülmesindeki amaç terbiye prosesinden çıkan atıksuların yüksek sıcaklıklarda olması ve bunun laboratuvar ölçeğinde kostik gerikazanımı performansına etkisini gözlemlemektir. Aynı

koşullar $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ de sağlanmış ve sistem akı, KOİ ve renk giderimi ve NaOH kazanımı açısından değerlendirilmiştir. Tablo 100'de görüldüğü gibi sıcaklık artışı ile akı değerinde oldukça önemli bir artış gözlemlenmiştir. Bunun yanında KOİ ve renk giderimlerinde düşüş yaşanmış, ancak bu değişim önemli boyutlara ulaşmamıştır.

Tablo 100. NF sıcaklık etkisi (NP010, TMP=4.03 bar ve CFV=0.79 m/s)

Sıcaklık ($\pm 2^{\circ}\text{C}$)	Akı ($\text{L}/\text{m}^2/\text{sa}$)	KOİ Giderimi (%)	Renk Giderimi (%)	NaOH Geri Kazanımı (%)
20	21	92	97	100
40	35	90	94	100

3.6. Kimyasal Değişimi ve Biyolojik Parçalanabilirlik Çalışmaları

3.6.1. Giriş

Tekstil endüstrisi, boyama ve terbiye proseslerinde kullandığı büyük miktarda su ile bütün endüstriler arasında en çok su tüketenler arasında yer almaktadır. Dünya çapındaki araştırmalar göstermiştir ki, 1 kg tekstil ürünü üretmek için kullanılan su miktarı 95 ila 400 litreyi bulabilmektedir (Smith, 1989a, Steffen, Robertson ve Kirsten, 1993; PRG, 1998; Barclay ve Buckley, 2000). Türkiye'de yapılan bir çalışma ise bu rakamın Türk tekstil endüstrisi için 1 ton tekstil kumaşı için 20 ila 230 m^3 arasında olduğunu göstermiştir (Orhon ve diğerleri, 2003).

Yüksek su tüketiminin yanı sıra, tekstil endüstrisi yüksek kimyasal (yardımcı kimyasal, boya, vb.) tüketimi ile de dikkat çekmektedir. Önişlem, boyama, terbiye, haşılama ve diğer proseslerden kaynaklı yüksek kimyasal yük, tekstil fabrikalarında kullanılan proseslere göre değişkenlik göstermekte ve tekstilde kullanılan toplam kimyasal miktarı üretilen tekstil ürünün ağırlık bazında %10'u ila %100'ü arasında değişkenlik gösterebilmektedir (Hendrickx ve Boardman, 1995).

Bu konular dikkate alındığında, tekstil endüstrisinin çevresel etkisini proses sonucu açığa çıkan atıksu ve bu atıksuyun kimyasal yükü belirlemektedir (Smith, 1994; USEPA, 1997).

Tekstil endüstrisinden kaynaklı atıksu genelde yoğun renk ve yüksek BOİ, KOİ, iletkenlik ve alkalinite değerlerine sahiptir (Jones, 1973; Cooper, 1978; EMG, 1993; Hendrickx ve Boardman, 1995; Kothuis ve Schelleman, 1995; PRG 1998, Wynne ve diğerleri., 2001; EC, 2003).

Çevresel açıdan, tekstil proseslerinde kullanılacak olan kimyasal madde yüksek biyo-parçalanabilirlik potansiyeline, düşük toksisiteye ve düşük fosfor ve nitrojen içeriğine sahip olmalıdır (EC, 2003). Özellikle düşük biyo-parçalanabilirlik potansiyeli ve yüksek toksisiteye sahip kimyasallar, belediyelerin atıksu arıtma tesislerinin işletimi sırasında birçok probleme neden olabilirler. Bunun nedeni ise, atıksu arıtma tesislerinin genelde biyolojik sistemler olması ve bu biyolojik sistemlerin kompleks organik molekülleri parçalayamamalarıdır. Metal içeren veya bakteriyel aktiveye engel teşkil eden maddeler içeren boya bileşikler bazı durumlarda bu biyolojik arıtma sistemlerini bozabilmektedirler (Wynne ve diğerleri, 2001). Bu nedenle, yüksek kirletici özelliğe sahip olan kimyasal maddelerin, daha az kirletici özelliğe sahip olan veya kirletici özelliğe sahip olmayan kimyasal maddeler ile değiştirilmesi, kirlilik önleme çalışmaları açısından temel odak noktalarından biri olarak değerlendirilmelidir (Smith, 1994; USEPA, 1997).

Kimyasal değişikliği, ürünlerde ve üretimde kullanılan zararlı/tehlükeli olan kimyasalların (maddelerin), aynı işlevselliğe sahip, ürün kalitesini olumsuz etkilemeyecek olan, daha az zararlı/tehlükeli kimyasallar (maddeler) ile değiştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (NYSDEC, 1999; Lohse ve diğerleri, 2003; Thorpe, 2005; Oosterhuis, 2006).

Literatürdeki birçok örnek göstermektedir ki, kimyasal değişiklik çalışmaları, kirlilik önleme adına önemli getiriler sunması yanında maliyet düşürme açısından da önemli rol oynamaktadır (OTA, 1990; Kranz ve diğerleri, 1993; Noyes, 1992; OTA, 1995a). Atıksu arıtma maliyetleri, tekstil prosesleri sırasında daha yüksek biyo-parçalanabilirlik özelliğe sahip olan kimyasallar kullanıldığında, düşebilmektedir (USEPA, 1997).

Tekstil endüstrisinde gerçekleştirilen ve olumlu sonuçlar alınan örnek kimyasal değişikliği çalışmaları literatürde sıkça rastlanan çalışmalardır. Haşılama maddesi (Jones, 1973; NCOWR, 1993; Hendrickx ve Boardman, 1995; EC, 2003), yüzey aktif madde (Smith, 1989b), üre (Provost, 1992), çözücü (çözgen) madde (Smith ve Whisnant, 1988; NCDEHNR,

1995; USEPA, 1995; DeSimone, 2002), asit (RAC/CP, 2002) ve indirgen madde (Snowden-Swan, 1995) değişiklikleri tekstil endüstrisinde başarı ile uygulanan çalışmalar olmuştur.

3.6.2. Yöntem

Orta Anadolu bünyesinde gerçekleştirilen kimyasal değişikliği çalışması sırasında uygulan yöntemler sırası ile, üretimde kullanılan tüm kimyasal maddelerin taranması, literatür ve kimyasal üretici firmaların veritabanlarının incelenmesi ve Orta Anadolu ile çalışan kimyasal tedarikçi firmaların önerilerinin alınması, kimyasal üstünde uygulanacak olan deneylerin seçilmesi ve gerekli olan deneylerin gerçekleştirilmesidir.

3.6.2.1. Kimyasal Maddelerin Taranması

Tekstil endüstrisinde, önişlem, boyama ve terbiye prosesleri için özel imal edilmiş binlerce çeşit kimyasal kullanılmaktadır. Bu kimyasalların seçimi ve kullanımı, fabrikalardan kaynaklı kirliliğin miktarını ve cinsini belirlemektedir.

Etkin bir kimyasal değişikliği çalışması yürütmek ve kimyasalların çevresel etkilerini tam anlayabilmek için üretim sırasında kullanılan tüm kimyasal maddelerin taranması gerekmektedir. Kimyasal madde tarama süreci iki önemli basamaktan meydana gelmektedir. Bunlardan birincisi, envanter analizi (kimyasal madde türlerinin, üretimde kullanılan reçetelerin ve her bir kimyasal maddenin tüketim seviyelerinin belirlenmesi), ikincisi ise kimyasal maddelerin Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarının (MGBF) incelenmesidir.

Orta Anadolu bünyesinde gerçekleştirilen envanter çalışmasında, 100'ün üzerinde kimyasal madde türü ve proseslerde uygulanan reçete belirlenmiştir. Boyarmaddeler, ıslatıcı, haşılama, haşıl sökme, iyon tutucu, dispergator, indirgen, stabilizatör, yağlayıcı, yumuşatıcı ve alkali maddeler üretimde kullanılan başlıca maddeler olarak göze çarpmıştır. Kimyasal madde türleri, kullanım miktarları ve uygulanan reçeteler ile ilgili olabilecek tüm bilgiler firma tarafından proje ekibine sunulmuştur.

Envanter analizinden sonra kullanılan tüm kimyasalların MGBF'leri incelenmiştir. Çevresel açıdan problemli kimyasalları belirlemek için MGBF'lerdeki tüm ekolojik ve ekotoksiste

verileri değerlendirilmiştir. MGBF'lerin incelenmesi ile elde edilen bilgiler ışığında, 128 kimyasal madde içerisinde sekiz adet kimyasal madde çevresel açıdan problemli olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu kimyasal maddeler sırası ile 1 adet dispergatör, 3 adet sülfür boyarmadde, 1 adet reçine (kolay-bakım kimyasalı), 3 adet kompleks oluşturucu madde (1 adet stabilizatör ve 2 adet iyon tutucu madde) olmuştur.

3.6.2.2. Literatür Araştırması

Alternatif kimyasal maddeleri belirlemek için kimyasal üretici firmalarla iletişime geçilmiş fakat tatminkâr bir sonuç alınamamıştır. Bunun en başlıca nedeni, üretici firmaların kendi ürünlerinin özelliklerini paylaşımına açık tutmamasıdır. Proseslerde (üretimde) kullanılan kimyasalların bileşimleri ve özellikleri genellikle düşük fiyatlı kimyasalların gizli karışımlarından oluşmaktadır. Bu karışımlar özel fiyatlarla satılmaktadırlar, çünkü bu fiyatların içerisine sadece karışımlarda kullanılan kimyasalların fiyatları değil bunun yanında kimyasal üreticilerin uzmanlık bilgileri ve uzmanların proseslerde karşılaşılan problemleri çözmek için özel çözümler üretmesi de eklenmektedir. Bu nedenle, kimyasal üretici firmalar ticari menfaatlerini korumak adına kimyasal madde formülasyonlarının gizli kalmalarını istemektedirler.

Kimyasal tarama ve literatür araştırmaları ile çevresel açıdan problemli olan kimyasalların belirlenmesinden sonra bir sonraki adım alternatif (eşlenik) kimyasalların tayin edilmesi olmuştur. Alternatif kimyasallar, fabrikaya kimyasal sağlayan tedarikçi firmaların yardımı ve önerileri ile belirlenmiştir.

Proseslerden sorumlu mühendisler tarafından üretimde kullanılması uygun bulunan (nihai ürün üzerine zarar verici özelliği olmayan) alternatif kimyasallar üstünde çevresel performanslarını değerlendirmek için deneysel analizler gerçekleştirilmiştir.

3.6.2.3. Deneysel Yöntemin Seçimi

Söz konusu kimyasal değişikliği çalışmasında, bazı kimyasalların biyo-parçalanabilirlik potansiyellerinin düşük olduğu saptanmıştır. Çevresel açıdan problemli bulunan ve bunların alternatifi olarak belirlenen bazı kimyasalların biyo-parçalanabilirlik potansiyellerini

belirlemek için, BREF Tekstil Dokümanının da önermiş olduğu Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nün referans test metodu olan OECD 302b (Zahn-Wellens) (ECB, 2002) test metodu kullanılmıştır.

Kimyasalların biyolojik olarak parçalanmaları ile ilgili bilgiler, o kimyasalların çevredeki kaderini belli eden en önemli özelliklerden biridir. Zira, biyolojik olarak parçalanır olan kimyasalların çevresel açısından daha sorunsuz ve daha az ekolojik problemlere sebep olmaları beklenmektedir. Kimyasal bir maddenin biyolojik arıtma tesisinde arıtılabilir olup olamamasının anlaşılması için, kimyasal kullanıcılarının o kimyasala ait biyolojik olarak parçalanabilirlik verilerine sahip olmaları gerekmektedir (Pagga, 1997). Prosesler sırasında, çevreye salınan tekstil yardımcı kimyasallarının türü ve miktarları hakkında birçok teori olmasına rağmen, bu zamana kadar, tekstil yardımcı kimyasallarının biyolojik parçalanabilirliklerine ve toksisitelerine ait sınırlı sayıda çalışma yayımlanmıştır (Park ve Shore, 1984; Arslan-Alaton, 2003, 2004).

İncelenecek olan kimyasalın biyolojik olarak parçalanabilirliğini test etmek için uygun bir metod kullanılmalıdır. 1980'lerden beri, kimyasalların biyolojik olarak parçalanabilirlik karakteristikleri hakkında nicel ve/veya nitel bilgilere ulaşmak için tahmin programları geliştirilmeye çalışılmıştır (Howard, 2000).

Günümüze kadar, OECD, Avrupa Komisyonu (EC) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) gibi uluslararası birçok teşkilat ve örgüt bu konu hakkında çeşitli test kılavuzları hazırlamışlardır. Kimyasalların parçalanır olup olmadığına ait ölçütler, analitik yöntemler ve deneysel koşullar bu kılavuzlarda listelenmiştir (Howard ve diğerleri, 1987). Bunun yanında, pestisitlerin ve Uçucu Organik Bileşikler (VOCs) biyo-parçalanabilirlikleri hakkında kesin bilgilere ulaşmak zordur (Cowan ve diğerleri, 1996).

Zahn-Wellens test metodu, kimyasal bir maddenin bir aktif çamur tesisinde arıtılabilir olup olmadığı konusunda fikir vermesi için uygulanan ilgi çekici bir metoddur, çünkü deney koşulları aktif çamur tesisi koşullarına çok benzerdir (Lapertot ve diğerleri, 2006). Ayrıca, Zahn-Wellens test metodu biyo-parçalanabilirliği tayin eden mevcut en önemli standart metotlar arasında kabul edilmektedir (Norr ve diğerleri, 2000). Bu test metodu 2 temel nedenle seçilmiştir. Birinci neden, bu test metodunun çevresel açıdan problemlili bulunan ve

alternatif olarak belirlenen kimyasalların MGBF'lerinde referans test metodu olarak belirtilmesidir. İkincisi ise, yine aynı metodun proje kapsamında referans doküman olarak belirlenen IPPC-BREF Tekstil Dokümanı'nın içerisinde yer almasıdır (EC, 2003).

3.6.2.4. Deneysel Çalışmalar

a. Test Edilen Kimyasallar

Üretimde kullanılan ve düşük biyo-parçalanabilirlik potansiyeline sahip olan 4 adet kimyasal belirlenmiştir. Bunların ve alternatiflerinin çevresel performanslarını belirlemek için biyo-parçalanabilirlik testleri gerçekleştirilmiştir. Tablo 101 bu kimyasalları işaret etmektedir. Gizlilik için bu kimyasalların ticari (gerçek) isimleri verilememektedir.

Bu kimyasallara ek olarak, üzerlerinde deneyler gerçekleştirilmemiş, boyama bölümünden 3 adet kükürt içerikli boyarmadde ve terbiye bölümünden bir adet reçine de (kolay-bakım kimyasalı) kimyasal değişikliği çalışmaları kapsamında incelenmiştir. Bu konu ile ilgili detaylı bilgiler, sonuçlar ve değerlendirmeler bölümünde verilecektir.

Tablo 101. Test edilen problemlili kimyasallar ve alternatifleri ve kullanıldıkları prosesler

Test Edilen Problemlili Kimyasallar	Test Edilen Alternatif Kimyasallar	Kullanıldıkları Prosesler
Dispergatör A	-	Boyama
Kompleks Oluşturucu (İyon Tutucu) A	Kompleks Oluşturucu (İyon Tutucu) A*	Terbiye
Kompleks Oluşturucu (Stabilizatör) B	Kompleks Oluşturucu (Stabilizatör) B*	Terbiye
Kompleks Oluşturucu (İyon Tutucu) C	Kompleks Oluşturucu (İyon Tutucu) C*	Boyama

b. Test Edilen Proses Atıksu Örnekleri

Tedarikçi firma alternatif kimyasal olan kompleks oluşturucu C* maddesinin üretim için uygun olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle proses mühendisleri bu alternatif kimyasalı boyama

bölümündeki üretimlerde kullanmaya karar vermiştir. Bu kimyasal üretimde kullanılmış ve boyama atıksuyu üstündeki olası çevresel etkileri deneylerle gözlenmiştir. Bu etkileri görebilmek için, bu kimyasal değişikliğinin öncesi ve sonrasında ilgili boyama reçetesi (ayrıca bkz. Bölüm c) atıksuyundan örnek alınmış ve bu atıksular üzerinde biyo-parçalanabilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir.

c. Göz Önünde Bulundurulmuş Reçeteler

Envanter çalışması sırasında, terbiye bölümünde kullanılan bir reçetede kompleks oluşturucu A ve B kimyasallarının birlikte kullanıldıkları saptanmıştır. Tablo 102’de bu reçetenin detayları bulunabilir. Bu kimyasalların değişik orandaki konsantrasyon karışımları üstünde de biyo-parçalanabilirlik testleri gerçekleştirilmiş ve faktör analiziyle konsantrasyonlardaki değişimin biyo-parçalanabilirlik üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Ayrıca boyama bölümünde uygulanan bir reçetede kullanılan kompleks oluşturucu C kimyasalının ve alternatif kimyasal kompleks oluşturucu C*’nin kullanımı sırasında açığa çıkan atıksulardan örnekler alınmış ve bunlar üzerinde biyo-parçalanabilirlik testleri gerçekleştirilmiştir. Bu reçeteye ilişkin detaylar da Tablo 103’te bulunabilir.

Tablo 102. İyon tutucu A ve B kimyasallarının birlikte kullanıldıkları reçetenin detayları

Reçetede Kimyasallar	Kimyasalın Konsantrasyonu
Islatıcı	5 g/L
Kompleks Oluşturucu A	1.1 mL/L
Kompleks Oluşturucu B	4 mL/L
Peroksit (50%)	30 mL/L
Kostik	Yeteri Kadar

Tablo 103. Kompleks oluşturucu C kimyasalının kullanıldığı reçetenin detayları

Reçetede Kimyasallar	Kimyasalın Konsantrasyonu
Boyarmadde	100 g/L
Kompleks Oluşturucu C	10.4 g/L
İndirgen Madde	91.66 g/L
Kostik	87.5 mL/L

Reçetede Kimyasallar	Kimyasalın Konsantrasyonu
Islatıcı	3 g/L
Dispergatör	5 g/L

c. Deneysel Yöntem

Tesiste boyama ve terbiye proseslerinde kullanılan ve çevresel açıdan problemlili gözüken üç adet kompleks oluşturucu (iki adet iyon tutucu ve bir adet stabilizatör) ve bir adet dispergatör olan 4 adet yardımcı kimyasal ve bunların eşleniği olan diğer kimyasalların biyolojik parçalanabilirlik değerlerinin tespiti için deneyler yürütülmüştür. Bu deneylerin amacı, uçucu olmayan ve suda çözünebilen organik maddelerin biyolojik olarak parçalanabilirlik potansiyellerini değerlendirmektir. Bu deneyler için OECD 302b Test Metodu uygulanmıştır (ECB, 2002). Bu metoda göre, sentetik olarak hazırlanan atıksu numunesinin KOİ değerinin 100 ila 1000 mg/L değerleri arasında olması gerekmektedir. Nispeten yüksek görünen KOİ değerleri deney sonu yapılacak olan analitik değerlendirmeler için bir avantaj teşkil etmektedir. Böylece, deneyler öncesi ve sonrası KOİ değerlerinde oluşabilecek farklar daha kolay analiz edilebilecektir. Sentetik atıksu hazırlamak için kullanılan maddeler (ki bu deneylerde problemlili kimyasallar ve eşleniklerini kullanmaktadır) eğer toksik özellik gösterirlerse biyolojik olarak parçalanabilirlik sürecini negatif bir şekilde etkileyebilmektedirler.

Sentetik atıksu hazırlamak için kullanılan maddelerin:

- Test koşulları altında suda çözünebilen,
- Test koşulları altında buhar basınçları ihmal edilebilir düzeyde olan,
- Bakteriler üzerinde toksik özelliği bulunmayan

özelliklere sahip olmaları gerekmektedir.

Bu deneyde maddenin parçalanabilirlik derecesini belirlemek için deney prosedüründe yer alan aşağıdaki formül esas alınmaktadır.

$$D_t = \left[1 - \frac{(C_T - C_B)}{(C_A - C_{BA})} \right] \times 100$$

Burada,

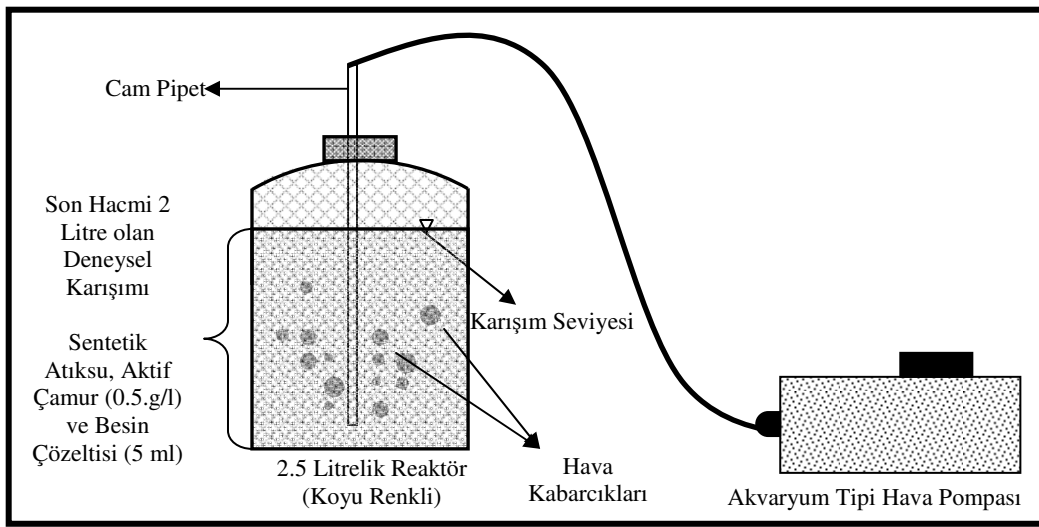
- D_t t zamanında biyolojik olarak parçalanma yüzdesi (%),
 C_A Deney başladıktan 3 saat sonra alınan numunenin KOİ (mg/L) değeri,
 C_T Deney süresince reaktörlerden hergün alınan numunenin KOİ (mg/L) değeri,
 C_B Deney süresince şahit (blank) reaktörden hergün alınan numunenin KOİ (mg/L) değeri,
 C_{BA} Deney başladıktan 3 saat sonra şahit (blank) reaktörden alınan numunenin KOİ değeri (mg/L).

Deneyin maksimum süresi 28 gün olup, deney için bir biyolojik arıtma tesisinden aerobik biyolojik çamur, OECD 302-b metodunda tarif edilen bir besin çözeltilisi ve adı geçen kimyasallardan hazırlanan atıksu numunesi gerekmektedir. İhtiyaç duyulan biyolojik aşı çamur, ODTÜ yerleşkesi içinde yer alan atıksu arıtma tesisinden temin edilmiştir. Besin solüsyonu ise, OECD 302-b metodunda tarif edildiği şekilde hazırlanmıştır. Test edilecek kimyasallar ve alternatiflerinin her biri için ayrı ayrı atıksu numunesi, belirtilen KOİ aralığında olacak şekilde sentetik olarak hazırlanmıştır.

Reaktörler için 2,5 litrelik ışık geçirmeyen koyu renkte şişeler kullanılmıştır. Reaktörler içindeki çözünmüş oksijen ihtiyacını karşılamak için akvaryum hava pompaları kullanılmıştır (Şekil 103). Deney prosedüründe belirtildiği üzere, kullanılacak olan aşı çamurun reaktördeki nihai Askıda Katı Madde (AKM) değerinin 0,2 ila 1 g/L olması gerekmektedir. Yapılan AKM ölçümlerinde ODTÜ yerleşkesinde bulunan atıksu arıtma tesisinden alınan aşı çamurun AKM'sinin 6,8 g/L civarında olduğu tespit edilmiştir. Bu ölçüme dayanarak, son hacmi 2 litre olan her bir reaktör içine 150 mL kadar aşı çamur konulmuş olup, reaktör içindeki biyolojik aşı çamur AKM konsantrasyonu 0,5 g/L olarak ayarlanmıştır. Besin çözeltilisi anılan deney prosedüründe tarif edildiği gibi hazırlanmıştır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 104) besin çözeltilisi hazırlamak için kullanılan kimyasallar ve miktarlarına ait bilgiler verilmektedir.

Tablo 104. Deney için kullanılacak olan besin çözeltisini hazırlamak için kullanılan kimyasal ve miktarları

Besin Çözeltisi - İçindekiler	Miktar
De-iyonize su	1 l
Klorit (NH_4Cl)	38,5 g
Sodyum Dihidrojenfosfat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	33,4 g
Potasyum Dihidrojenfosfat (KH_2PO_4)	8,5 g
Di-Potasyum Mono-Hidrojenfosfat (K_2HPO_4)	21,75 g



Şekil 103. Deneysel düzenek

e. Analitik Yöntemler

pH ve Sıcaklık Ölçümleri: pH değerleri, pH metre (Model 2906, Jenway LTD., UK) ve pH probu (G-05992-55, Cole Parmer Instrument Co., USA) kullanılarak, sıcaklıklar ise aynı ekipmanın sıcaklık ölçer özelliği kullanılarak ölçülmüştür.

Toplam Katı Ölçümleri: Kullanılan aşı çamurunun toplam katı analizleri Standart Metotlar (APHA, 1997) kullanılarak ölçülmüştür.

Çözünmüş Oksijen Ölçümleri: Reaktörlerdeki çözünmüş oksijen miktarı Hach Sension 378 pH, iletkenlik ve çözünmüş oksijen ölçer ekipmanı kullanılarak ölçülmüştür.

KOI Ölçümleri: Reaktörlerden alınan örnek solüsyonların bütün KOİ ölçümleri spektrofotometrik analizler kullanılarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerdeki temel prensip oksitlenir maddelerinin katalizör olan gümüş sülfat varlığında sülfürik asit dikromat solüsyonu ile reaksiyona girmesidir.

3.6.3. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

3.6.3.1. Çevresel Açından Problemlili Olan Kimyasallar ve Alternatifleri (Eşlenikleri)

a. Dispergatör

Dispergatörler boya işlemleri sırasında bir katkı maddesi olarak kullanılırlar. Boya sınıfına ve uygulama yöntemine (kesikli ve sürekli boyama, baskı) bağlı olarak, boya formülasyonlarında farklı katkı maddeleri bulunmaktadır. Bu maddeler, lifler tarafından emilemedikleri için, bunların tamamı atıksuya boşaltılmaktadır. Tipik katkı maddeleri arasında bahsi geçen bu dispergatörler gösterilebilir. Bu durum, özellikle küp ve kükürt boya formülasyonlarında bulunan dispergatörler için geçerlidir. Bu boyalar suda çözünmezler ve kumaşa sulu dispersiyon şeklinde uygulanabilmeleri için, bu özel yardımcı maddelere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu dispergatörler temel olarak, naftalinsülfonat ve formaldehit kondensasyon ürünleri ile linyinsülfonatlardan oluşmaktadırlar (EC, 2003).

i. Çevresel Problemler

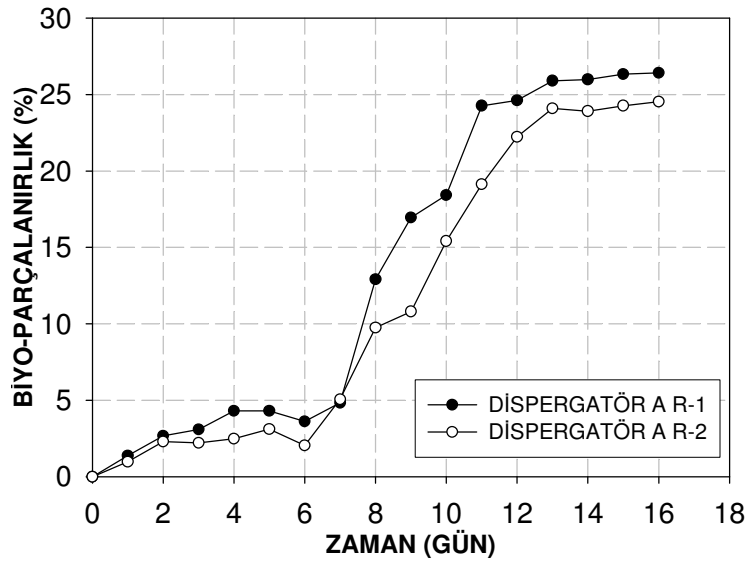
Dispergatörler gibi katkı maddeleri, sulu ortam yaşamı için toksik olmamalarına rağmen, genel olarak biyolojik parçalanabilirlikleri zayıftır ve kolaylıkla biyolojik olarak elimine edilememektedirler (EC, 2003).

ii. Üretimde Kullanılan Dispergatör

Dispergatör A kimyasalı fabrikada boyama proseslerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu maddenin kimyasal yapısı naftalinsülfonat formaldehit kondensasyon sodyum tuzudur. Aylık tüketim miktarı ortalama 1500 kg'ı bulmaktadır. Bu maddenin

MGBF’inde biyo-parçalanabilirlik potansiyelinin %30 ila 70 arasında olduğu belirtilmektedir.

Fabrika mühendisleri, bu kimyasalın MGBF’inde yazılı olan biyo-parçalanabilirlik potansiyeli değerinden emin olmak istemişlerdir. Bu potansiyeli belirlemek için bu kimyasal madde üzerinde biyo-parçalanabilirlik testleri (Zahn-Wellens) yürütülmüştür. Bu deneylerin sonuçları Şekil 104’teki grafikte görülebilir.



Şekil 104. Dispergator A üzerinde gerçekleştirilen biyo-parçalanabilirlik testi (R-1 ve R-2 sırasıyla paralel çalıştırılan 1. ve 2. reaktörleri belirtmektedir)

iii. Alternatif (Eşlenik) Dispergator

Tedarikçi firma bu kimyasalın yerine biyo-parçalanabilirlik potansiyeli daha yüksek olan başka bir kimyasal madde önermiştir. Bu eşlenik kimyasalın (Dispergator A*) biyo-parçalanabilirlik potansiyeli MGBF’inde %70 ila 100 olarak belirtilmiştir.

iv. Kimyasal Değişikliğinin Sonuçları

Her ne kadar alternatif kimyasal mevcut kimyasaldan daha yüksek biyo-parçalanabilirlik potansiyeline sahip olsa da, tedarikçi firma alternatif kimyasalın nihai ürün kalitesi üzerinde

olumsuz etkilerinin olabileceğini belirtmiş, bu bilgiler ışığında Orta Anadolu mühendisleri alternatif kimyasalı üretimde kullanmaktan vazgeçmişlerdir.

b. Kükürt Boyarmaddeler

Kükürt boyarmaddeleri, pamuğun ışığa ve yıkamaya karşı yüksek haslıklarda orta tonlardan koyu tonlara kadar (özellikle siyah) boyanmasında dünya çapında büyük öneme sahiptirler. Kükürt boyalar suda çözünmemektedirler ve boyama işlemi sırasında herhangi bir adımda suda çözülebilir “leyko-formu”na dönüştürülmeleri gerekmektedir (EC, 2003).

Klasik kükürt boyalar piyasada toz halinde bulunmaktadır. Boya öncesinde bazik ortamda sodyum sülfür ile indirgenmeleri gerekmektedir. Diğer tipik kükürt boyalar, “ön indirgenmiş/kullanıma hazır” boyalardır. Bunlar sıvı formda temin edilebilmektedirler ve kendi formülasyonlarında indirgen madde içermektedirler (Kükürt içerikleri %5’den fazla olabilmektedir) (UBA, 2001; EC, 2003).

i. Çevresel Problemler

Kükürt fazlalığı (boyarmaddeden ve indirgen maddeden gelen), sulu ortam zehirliliğine ve kötü kokulara (iş yeri atmosferi) neden olmaktadır. Kükürt boyamanın ekolojik profili, yeni kükürt boyalarının ve alternatif indirgen maddelerin ortaya çıkması sayesinde kesin olarak gelişmiştir. IPPC BREF Tekstil Dokümanı klasik toz ve sıvı kükürt boyalar yerine, aşağıda bulunan alternatifleri önermektedir (EC, 2003):

- Ön indirgenmiş boyarmaddeler (%1’den daha az sülfid içeren)
- Ön indirgenmemiş sülfid içermeyen boyarmaddeler (oksidlenmiş formda suda çözülebilen)
- Ön indirgenmemiş sülfid içermeyen stabilize dispers boyalar
- Ön indirgenmemiş sülfid içermeyen boyarmaddeler (dayanıklı süspansiyonlar)

Düşük indirgenme potansiyeline sahip eski kükürt boyalardan farklı olarak, bu tipteki tüm boyarmaddeler hiç sodyum sülfür olmadan (ön indirgenmiş sıvı formülasyonlarda halen düşük miktarda sodyumsülfür bulunmaktadır) kullanılabilirler (EC, 2003).

ii. Üretimde Kullanılan Kükürt Boyarmaddeler

Fabrikada sülfid içeriği yüksek olan 3 adet kükürt boyarmadde kullanılmaktadır. Tablo 105 bu kükürt boyarmaddelerin kod adlarını ve kükürt içeriklerini göstermektedir.

Tablo 105. Üretimde kullanılan kükürt boyarmaddeler ve sülfid içerikleri

Kükürt Boyarmadde	Sülfid İçeriği (%)
A	5-10
B	12-15
C	12-15

Üretimde, her boyama işleminden sonra kükürt boya teknesinin tümü atıksu arıtma tesisi kanalına boşaltılmaktadır. Bu nedenle, her boyama işleminden sonra yüksek miktarda atık boyarmadde ve yardımcı kimyasallar açığa çıkmaktadır. Tablo 106, her boyama işleminden sonra açığa çıkan atık boyarmadde ve buna bağlı atılan kükürtün aylık miktarını göstermektedir.

Açığa çıkan atık kükürt boyarmadde ve buna bağlı kükürt miktarının yanında, boyama işlemi sırasında fikse olmayan (halata tutunamayan) kükürt boyarmaddelerden kaynaklı bir kükürt yükü de mevcuttur. Literatür kaynakları, kükürt boyarmaddelerin fikse olma oranının %60 ila 90 olduğunu belirtmektedir (EC, 2003).

Tablo 106. Her boyama işleminden sonra açığa çıkan atık boyarmadde ve buna bağlı atılan kükürtün aylık miktarı

Kükürt Boyarmadde	Atık Boyarmadde Miktarı (kg/ay)	Atık Kükürt Miktarı* (kg/ay)
A	1000	50-100
B	22	2.6-3.3
C	110	13.2-16.5
TOPLAM	1132	65.8-119.8

*Kükürt boyarmaddelerin kükürt içerik değerleri ile hesaplanmıştır.

Boyama tekneleri sonrası gerçekleştirilen arka yıkama işlemi fikse olamamış boyarmaddeleri ve yardımcı kimyasalları halatlar üzerinden uzaklaştırmak için uygulanmaktadır. Bu nedenle, arka yıkamalar esnasında, %10 ila 40 arasında bir kükürt boyarmadde ve buna bağlı bir kükürt yükünün açığa çıkması kaçınılmazdır. Tablo 107 kükürt boyarmaddelerin aylık tüketim miktarlarını, fikse olmayan kükürt boyarmadde ve kükürtün aylık muhtemel değerlerini vermektedir.

Tablo 107. Kükürt boyarmaddelerin aylık tüketim miktarları, fikse olmayan kükürt boyarmadde ve kükürtün aylık muhtemel değerleri

Kükürt Boyarmadde	Tüketim Miktarı (kg/ay)	Kükürt İçeriği (%)	Fikse Olmayan Boyarmadde Miktarı * (kg/ay)	Fikse Olmayan Kükürt Miktarı** (kg/ay)
A	37500	5-10	3750-15000	188-1500
B	800	12-15	80-320	10-48
C	3900	12-15	390-1560	47-234
TOPLAM	42200		4220-16880	245-1782

*Kükürt boyarmaddelerin fikse olmama oranı ile hesaplanmıştır.

** Kükürt boyarmaddelerin kükürt içerik değerleri ile hesaplanmıştır.

Atıksu arıtma tesisine deşarj edilen kükürt miktarı, atık kükürt ve fikse olmayan kükürt miktarlarının toplamıdır. Bu değer de, atıksu arıtma tesisine deşarj edilen kükürt boyarmaddenin aylık miktarının 5350 ila 18000 kg olduğunu ve buna bağlı kükürt yükünün ise 310 ila 1900 kg olduğunu göstermektedir.

iii. Alternatif (Eşlenik) Kükürt Boyarmaddeler

Fabrika mühendisleri, Kükürt Boya A boyarmaddesinin yerine kükürt içeriği %1 ile 3 olan bir başka boyarmadde (Kükürt Boya A*) sipariş etmiştir. Ayrıca mühendisler, Kükürt Boya B boyarmaddesinin kullanımını durdurmuş, bunun yanında hiçbir renk alternatifinin olmaması gerekçesi ile Kükürt Boya C boyarmaddesini üretimde kullanmaya devam etmişlerdir.

iv. Kimyasal Değişikliğinin Sonuçları

Düşük kükürt içeren veya içermeyen kükürt boyalarla birlikte kükürt içermeyen indirgen maddelerin kullanılmasından sağlanan başlıca çevresel fayda, atık sulardaki kükürt içeriğinin

en aza indirilmesidir (EC, 2003). Tablo 108 kimyasal değişikliğinden sonra açığa çıkan atık kükürt miktarını göstermektedir.

Daha önce ifade edildiği üzere, arka yıkama işlemi sırasında açığa çıkan ve atıksu arıtma tesisine deşarj edilen fikse olmayan bir kükürt yükü de mevcuttur. Tablo 109 kimyasal değişikliğinden sonraki kükürt boyarmaddelerin aylık tüketim miktarlarını, fikse olmayan kükürt boyarmadde ve kükürtün aylık muhtemel değerlerini göstermektedir.

Tablo 108. Kimyasal değişikliğinden sonra açığa çıkan atık kükürt miktarı

Kükürt Boyarmadde	Atık Boyarmadde Miktarı (kg/ay)	Kükürt İçeriği (%)	Atık Kükürt Miktarı* (kg/ay)
A*	1000	1-3	10-30
B (Kullanılmıyor)	-	-	-
C (Alternatifi Yok)	110	12-15	13.2-16.5
Kimyasal Değişikliğinden Sonra			
TOPLAM	1110		23.2-46.5

*Kükürt boyarmaddelerin kükürt içerik değerleri ile hesaplanmıştır.

Tablo 109. Kimyasal değişikliğinden sonraki kükürt boyarmaddelerin aylık tüketim miktarları, fikse olmayan kükürt boyarmadde ve kükürtün aylık muhtemel değerleri

Kükürt Boyarmadde	Tüketim Miktarı (kg/ay)	Kükürt İçeriği (%)	Fikse Olmayan Boyarmadde Miktarı * (kg/ay)	Fikse Olmayan Kükürt Miktarı** (kg/ay)
A*	37500	1-3	3750-15000	38-450
B (Kullanılmıyor)	-	-	-	-
C (Alternatifi Yok)	3900	12-15	390-1560	47-234
Kimyasal Değişikliğinden Sonra				
TOPLAM	41400		4140-16560	85-684

*Kükürt boyarmaddelerin fikse olmama oranı ile hesaplanmıştır.

** Kükürt boyarmaddelerin kükürt içerik değerleri ile hesaplanmıştır.

Şu an ki durum, atıksu arıtma tesisine deşarj edilen kükürt boyarmadde miktarının aylık toplamının 5330 ila 17990 kg ve buna bağlı kükürt miktarının aylık toplamının (atık kükürt ve

fikse olmayan kükürt miktarının toplamı) 108 ila 731 kg olduğunu göstermektedir. Kimyasal değişikliğinden önce deşarj edilen kükürt miktarını aylık 310 ila 1900 kg olduğu düşünülürse, atıksu arıtma tesisine deşarj edilen kükürt aylık miktarında %65 civarında bir azalmanın gerçekleştiği söylenebilir.

c. Kolay Bakım Kimyasalı (Reçine)

Kolay bakım işlemleri, selüloz içeren liflere, kolay yıkanma, yıkama ve kullanma sırasında buruşmaya karşı dayanıklılık, hiç ütü istememe veya en az seviyede ütülenme ihtiyacı, vs. gibi özellikler kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu özellikler, selüloz liflerinin poliamid ve poliester gibi sentetik liflerle rekabet etmesini sağlayabilmek için gerekmektedir.

Buruşmazlık işlemi maddeleri, genellikle üre, melamin, çiklik üre türevleri ve formaldehitten sentezlenen bileşiklerdir.

Kolay bakım işlemi reçeteleri, aşağıda belirtilen çeşitli maddelerden oluşmaktadır:

- Çapraz bağlayıcı madde
- Katalizör
- Katkı maddeleri
- Islatıcı madde olarak yüzeyaktif maddeler (EC, 2003).

i. Çevresel Problemler

IPPC BREF Tekstil Dokümanı, formaldehit esaslı çapraz-bağ oluşturucu maddelerin, serbest formaldehit açığa çıkarabileceğini söylemektedir. Formaldehitin kanserojen olduğu düşünülmektedir ve çalışma ortamı için de tehlike oluşturmaktadır (örneğin, kesme işlemleri sırasında da formaldehit açığa çıkabilmektedir). Mamul kumaş üzerinde serbest veya kısmen hidrolize olabilen formaldehitin varlığı, tüketici açısından da potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Avrupa eko-etiket sistemi, deri ile direkt temas eden ürünler için azami 30 ppm'e izin vermektedir (EC, 2003).

ii. Üretimde Kullanılan Kolay Bakım Kimyasalı (Reçine)

Fabrikada bitim işlemleri sırasında reçine olarak formaldehit içerikli Kolay Bakım Kimyasalı A maddesi kullanılmaktadır. Bu kimyasalın aylık tüketim miktarı 840 kg olup, ağırlık bazında %0.1 ila 1 arasında formaldehit içermektedir ve IPPC BREF Tekstil Dokümanında bu değer in ağırlık bazında %0.1’den daha az olması gerektiği vurgulanmaktadır (EC, 2003).

iii. Alternatif (Eşlenik) Kimyasal

Düşük miktarda formaldehit içeren veya formaldehitsiz ürünler kullanıldığında, bitim işlemlerindeki formaldehit emisyonları azalmakta ve tekstil materyallerindeki formaldehit kalıntıları da en aza indirilebilmektedir (<75 mg/kg formaldehit içeren tekstiller veya müşteri isteğine göre 30 ppm’in altında formaldehit içeren tekstiller) (EC, 2003).

Fabrika mühendisleri düşük miktarda formaldehit içeren veya formaldehit içermeyen ürünler için tedarikçi firma ile iletişime geçmiş ve tedarikçi firma fabrikaya formaldehit içermeyen bir başka kolay bakım kimyasalı önermiştir.

iv. Kimyasal Değişikliğinin Sonuçları

Orta Anadolu ürettiği denim kumaşlarda formaldehit içerikleri konusunda hassas olup, gerekli testleri yaptırmakta ve deriyle doğrudan temas eden ürünler için azami formaldehit konsantrasyonu kriterlerine uymaktadır. Ancak IPPC BREF Tekstil Dokümanı’nda önemle vurgulandığı üzere, proses sırasında açığa çıkabilecek serbest formaldehitleri en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için en iyi yolun mevcut kimyasalın az formaldehit içeren veya formaldehit içermeyen muadilleriyle değiştirmek olduğu öngörülmektedir. Orta Anadolu’nun bu kimyasal değişikliğiyle sağlayacağı en büyük çevresel yarar işçi sağlığının korunması olacaktır. Ancak, tedarikçi firmanın önerdiği alternatif kimyasalın mevcut kimyasaldan 3-4 kat daha fazla bir maliyete sahip olması bu kimyasal değişikliğinin gerçekleşmesini zorlaştırmaktadır. Yeni kimyasalın maliyetinin yüksekliği nedeniyle fabrika mühendisleri bu alternatif kimyasalı henüz kullanmayı düşünmemektedirler.

Şu anda, fabrika genelinde bir kesim işlemleri söz konusu olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, açığa çıkabilecek serbest formaldehit kaynağının olmadığı düşünülebilir. Ama, fabrika özelinde gelecekte kesim işlemlerinin yoğun olabileceği (denim kumaştan giyecek imalatı esnasında) bir dönem gelirse, ve bu kimyasalın kullanımına devam edilirse, kesim işleminde çalışacak olan işçi ve personelin sağlıklarını koruyucu ekipmanların (göz ve deri koruyucu ekipman) tedarik edilmesi gerekecektir.

d. Kompleks Oluşturucu Kimyasallar (İyon Tutucu, Stabilizatör)

BREF Tekstil Dokümanı'nda iyon tutucu ve stabilizatör maddeler kompleks oluşturucu maddeler olarak belirtilmiştir. Kompleks oluşturucu maddeler, sulu çözeltilerdeki sertlik oluşturan toprak-alkali katyonlarının ve geçiş-metal iyonlarının, özellikle ön terbiye işlemleri ve boyama işlemleri sırasındaki zararlı etkilerini maskeleyen için kullanılmaktadır. Tipik kompleks oluşturucu maddeler, polifosfatlar, fosfonatlar ve aminokarboksilik asitlerdir (örneğin, EDTA, DTPA ve NTA) (EC, 2003).

i. Çevresel Problemler

Kompleks oluşturucu kimyasallar halat üzerine fikse olmamaktadırlar. Bu nedenle, bu tip kimyasalların hemen hemen %100'ü atıksuya karışmaktadır (OECD, 2004). Bu maddelerin kullanımıyla ilgili başlıca endişeler, yüksek azot ve fosfor içeriklerinin yanı sıra, birçoklarında düşük olan biyolojik parçalanabilirlikleri/elimine edilebilirlikleri ve ağır metallerin yeniden hareketine neden olabilen kararlı kompleksler oluşturabilme özellikleridir.

Özellikle, EDTA, NTA ve DTPA çok kararlı metal kompleksleri oluşturabilmektedirler. Ayrıca, EDTA ve DTPA'nın biyo-parçalanabilirlik potansiyellerinin çok düşük olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, bu kimyasalların kullanıldığı işlemler sonunda açığa çıkan atıksuyun bir atıksu arıtma tesisinden biyolojik olarak parçalanmadan çıkabilme riskleri vardır. Bu tip kimyasalların oluşturdukları komplekslerin eninde sonunda sucul bir alıcı ortama ulaşması ve bu ortamlardaki ağır metallerin yeniden hareketine neden olmasına ve bununla alıcı ortamda toksisite yaratması kaçınılmaz olabilmektedir.

ii. Üretimde Kullanılan Kompleks Oluşturucu Kimyasallar

Kompleks oluşturucu A kimyasalı fabrikada bitim işlemleri sırasında iyon tutucu olarak kullanılmaktadır. MGBF’inde bu kimyasalın sıvı organik bir karışım olduğu vurgulanmaktadır. Bu kimyasalın aylık tüketim miktarı 1100 kg civarındadır.

Kompleks oluşturucu B kimyasalı fabrikada bitim işlemleri sırasında stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Sıvı halde kullanılan bu maddenin MGBF’inde kimyasalın fosfonik asit ürünü olduğu belirtilmektedir. Bu kimyasalın aylık tüketim miktarı 1000 kg civarındadır.

Problemlili görünen son kompleks oluşturucu madde ise Kompleks oluşturucu C kimyasalıdır. Toz halinde halde bulunan bu kimyasal fabrikada boyama işlemleri sırasında iyon tutucu olarak kullanılmaktadır. MGBF’inde bu kimyasalın bir EDTA türevidir olduğu belirtilmektedir. Bu kimyasalın aylık tüketim miktarı yaklaşık 4000 kg’dır.

Bu kimyasalların kullanımı ile ilgili çevresel problem hepsinin biyo-parçalanabilirlik potansiyellerinin düşük olmasıdır. Kompleks oluşturucu A ve C kimyasallarının MGBF’lerinde bu kimyasalların biyo-parçalanabilirlik potansiyellerinin çok düşük olduğu belirtilirken, Kompleks oluşturucu B kimyasalının biyo-parçalanabilirlik potansiyelinin ise %20 ila 70 arasında olduğu vurgulanmaktadır.

iii. Alternatif (Eşlenik) Kimyasallar

Tedarikçi firma bu kimyasallar için Kompleks oluşturucu A*, B* ve C* kimyasallarını önermiştir.

iv. Kimyasal Değişikliklerin Sonuçları

Kompleks Oluşturucu Kimyasal A ve Alternatif Kimyasal (Eşlenik) A*

Tedarikçi firma kompleks oluşturucu kimyasal A maddesi yerine alternatif kimyasal A* maddesini önermiştir. Alternatif kimyasal A* organik bileşiklerin karışımlarından oluşan bir madde olmasının yanında, tıpkı kimyasal A gibi sıvı halde bulunmaktadır. Alternatif

kimyasalın MGBF’inde bu kimyasalın biyo-parçalanabilirlik potansiyeli % 20 ila 70 arasında olduğu belirtilmektedir. Bir maddenin biyo-parçalanabilir olarak değerlendirilebilmesi için o maddenin Zahn-Wellens Test yöntemi ile belirlenen biyo-parçalanabilirlik potansiyelinin %70’in üzerinde olması gerekmektedir (EC, 2003). Bu bilgiler ışığında, alternatif kimyasal A* maddesinin biyo-parçalanabilirlik potansiyelinin düşük olduğu ve çevresel performans açısından mevcut kimyasal madde A’dan farklı olmadığı söylenebilir.

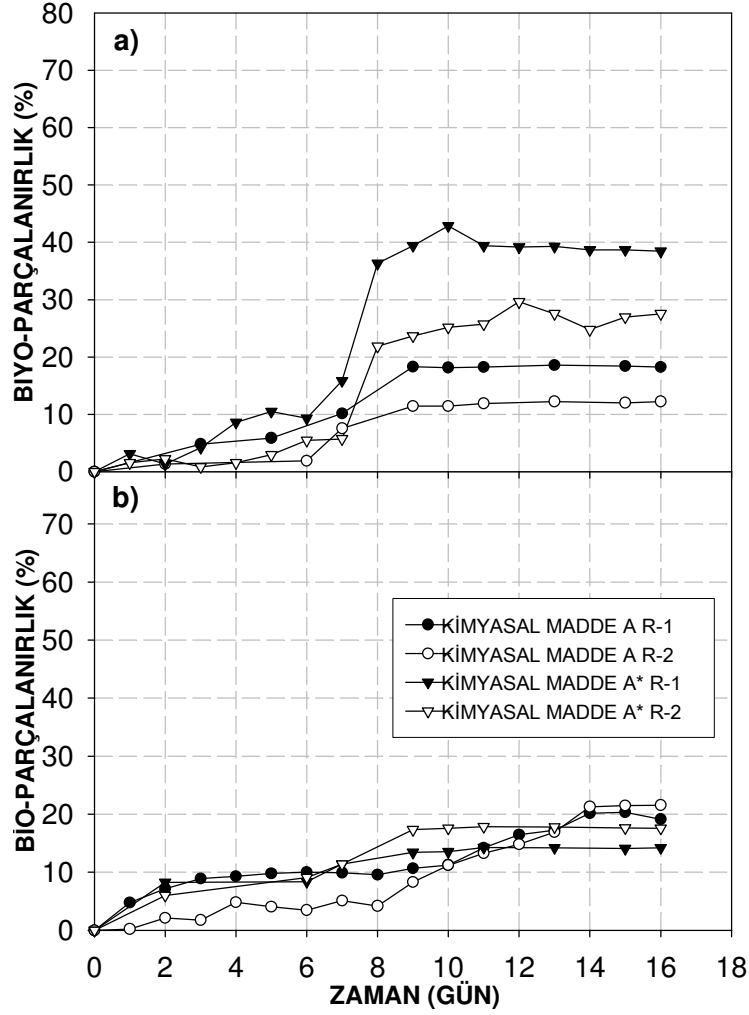
Bu iki kimyasalın biyo-parçalanabilirlik potansiyellerini tayin etmek için kimyasallar üzerinde biyo-parçalanabilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Biyo-parçalanabilirlik deneyleri gerçekleştirilirken, her bir kimyasalın biri düşük biri yüksek olmak üzere iki farklı derişimleri test edilmiştir. Bu derişim değerleri, Zahn-Wellens test metodunda belirtilen 100 ila 1000 mg/L KOİ değerleri arasından seçilmiştir. Bu derişimler belirlenirken maddelerin KOİ değerleri dikkate alınmıştır. Tablo 110, kompleks oluşturucu A ve alternatif kimyasal A* maddelerinin KOİ değerleri (maddelerin 1 mL’sindeki KOİ miktarı (mg KOİ/mL madde)), sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri (mL/L) ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerlerini (mg/L) göstermektedir.

Tablo 110. Kompleks oluşturucu A ve alternatif kimyasal A* maddelerinin KOİ değerleri, sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerleri

Kimyasal	Kimyasalların KOİ Değerleri (mg/ml)	Derişim	Kimyasalların Reaktördeki Derişimleri (ml/l)	Karşılık Gelen KOİ Değerleri (mg/l)
A	350	Düşük	1.3	455
		Yüksek	2	700
A*	270	Düşük	1.5	405
		Yüksek	2.9	783

Biyo-parçalanabilirlik deneylerinin sonuçları Şekil 105’te gösterilmektedir. Şekil 105.a düşük derişimlerdeki deney sonuçlarını gösterirken, Şekil 105.b ise yüksek derişimlerdeki deney sonuçlarını göstermektedir.

Deneylerde, bu iki kimyasalın çevresel performanslarının hemen hemen aynı olduğunu kanıtlamıştır. Bu nedenle, böyle bir kimyasal değişikliğinin yapılmasının gerekli olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 105. Kompleks oluşturucu kimyasal madde A ve alternatif kimyasal madde A*
a) Düşük derişim ve b) Yüksek derişim (R-1 ve R-2 paralel çalıştırılan reaktörleri belirtmektedir)

Kompleks Oluşturucu Kimyasal B ve Alternatif Kimyasal (Eşlenik) B*

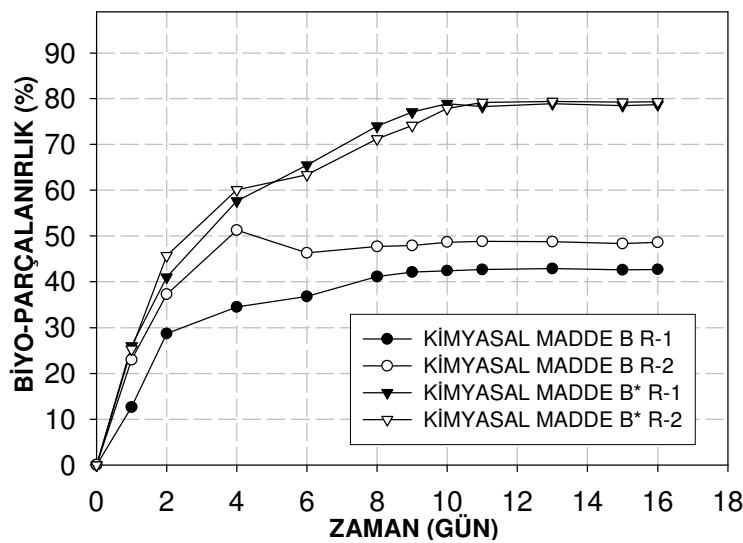
Tedarikçi firma kompleks oluşturucu kimyasal B maddesi yerine alternatif kimyasal B* maddesini önermiştir. Alternatif kimyasal B*'nin bir fosfonik asit olmasının yanında, tıpkı kimyasal B gibi sıvı halde bulunmaktadır. Alternatif kimyasalın MGBF'inde bu kimyasalın

biyo-parçalanabilirlik potansiyeli %80 olduğu belirtilmektedir. Bu bilgiler ışığında, alternatif kimyasal B* maddesinin biyo-parçalanabilirlik potansiyelinin mevcut kimyasal madde B maddesinden daha yüksek olduğu söylenebilir. MGBF'lerden edinilen bilgilerin yanı sıra, bu iki kimyasal üzerinde biyo-parçalanabilirlik deneyleri de gerçekleştirilmiştir.

Biyo-parçalanabilirlik deneyleri gerçekleştirilirken, her bir kimyasalın birer derişimleri test edilmiştir. Bu derişim değerleri, Zahn-Wellens test metodunda belirtilen 100 ila 1000 mg/L KOİ değerleri arasından seçilmiştir. Bu derişimler belirlenirken maddelerin KOİ değerleri dikkate alınmıştır. Tablo 111, kompleks oluşturucu B ve alternatif kimyasal B* maddelerinin KOİ değerleri (maddelerin 1 mL'sindeki KOİ miktarı (mg KOİ/mL madde)), sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri (mL/L) ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerlerini (mg/L) göstermektedir. Ayrıca deney sonuçları Şekil 106'da gösterilmektedir.

Tablo 111. Kompleks oluşturucu B ve alternatif kimyasal B* maddelerinin KOİ değerleri, sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerleri

Kimyasal	Kimyasalların KOİ Değerleri (mg/ml)	Kimyasalların Reaktördeki Derişimleri (ml/l)	Karşılık Gelen KOİ Değerleri (mg/l)
B	100	8.75	875
B*	110	7.1	781



Şekil 106. Kompleks oluşturucu kimyasal madde B ve alternatif kimyasal madde B* için biyo-parçalanabilirlik deneylerinin sonuçları (R-1 ve R-2 paralel çalıştırılan reaktörleri belirtmektedir)

Biyo-parçalanabilirlik deney sonuçları, alternatif kimyasal B* maddesinin biyo-parçalanabilirliğinin mevcut kimyasal B maddesinden daha yüksek olduğunu ispatlamıştır. Paralel çalıştırılan reaktörlerden elde edilen deney sonuçlarının ortalama değerleri alternatif kimyasal B* maddesinin biyo-parçalanabilirlik potansiyelinin %79, mevcut kimyasal B maddesinin ise %46 olduğunu göstermektedir. Bir başka deyişle, alternatif kimyasal B* maddesi çevresel açıdan çok daha fayda getirebilecek bir maddedir.

Bunun yanı sıra, fabrika mühendisleri alternatif kimyasalın üretimde kullanılabilmesi için üretim işlemleri üzerinde bazı modifikasyonların gerekeceğini bildirmişlerdir. Bu modifikasyonlar da ek bir maliyet getirecektir. Alternatif kimyasalın üretimde kullanılabilmesi için bir fayda-maliyet analizine gerek vardır.

Kompleks Oluşturucu Kimyasal C ve Alternatif Kimyasal (Eşlenik) C*

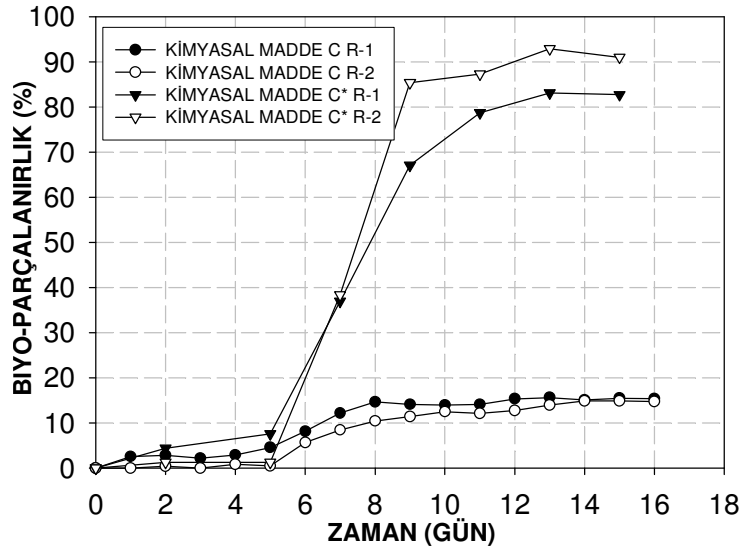
Tedarikçi firma kompleks oluşturucu kimyasal C maddesi yerine alternatif kimyasal C* maddesini önermiştir. Alternatif kimyasal C*'nin bir NTA (nitritotriasetate) olmasının yanında, tıpkı kimyasal C gibi toz halde bulunmaktadır. Öte yandan, mevcut kimyasal C maddesi bir EDTA (ethylenediamine tetraacetate) türevidir ve daha önce de belirtildiği gibi EDTA türevi kompleks oluşturucu kimyasalların biyo-parçalanabilirlik potansiyelleri çok düşüktür ve atıksu arıtma tesislerinde parçalanmaları hayli zordur. Bunun yanında, NTA'lar daha yüksek oranda biyo-parçalanabilirler (EC, 2003). Mevcut kimyasal C maddesinin biyo-parçalanabilirlik potansiyeli MGBF'sinde düşük, alternatif kimyasal C* maddesinin ise bu potansiyeli %70'in üzerinde olduğu belirtilmektedir.

Biyo-parçalanabilirlik deneyleri gerçekleştirilirken, her bir kimyasalın birer derişimleri test edilmiştir. Bu derişim değerleri, Zahn-Wellens test metodunda belirtilen 100 ila 1000 mg/L KOİ değerleri arasından seçilmiştir. Bu derişimler belirlenirken maddelerin KOİ değerleri dikkate alınmıştır. Tablo 112, kompleks oluşturucu C ve alternatif kimyasal C* maddelerinin KOİ değerleri (maddelerin 1 g'ındaki KOİ miktarı (mg KOİ/g madde)), sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri (g/L) ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerlerini (mg/L) göstermektedir. Ayrıca deney sonuçları Şekil 107'de gösterilmektedir.

Tablo 112. Kompleks oluşturuvcu C ve alternatif kimyasal C* maddelerinin KOİ değerleri, sentetik atıksu oluşturulurken kullanılan bu kimyasalların reaktördeki derişimleri ve bu derişimlere karşılık gelen KOİ değerleri

Kimyasal	Kimyasalların KOİ Değerleri (mg/ml)	Kimyasalların Reaktördeki Derişimleri (ml/l)	Karşılık Gelen KOİ Değerleri (mg/l)
C	1300	0.5	650
C*	525	1	525

Test sonuçlarının karşılaştırılabilir olması için söz konusu kimyasalların reaktörlerdeki KOİ değerleri hemen hemen aynı seviyelerde (500-600 mg/L KOİ seviyeleri) ayarlanmıştır. Bu yaklaşık KOİ değerleri için söz konusu kimyasalların farklı derişimlerinden sentetik atıksu hazırlanmıştır (örneğin, kimyasal C maddesi için 0.5 g/L ve kimyasala C* maddesi için 1 g/L).



Şekil 107. Kompleks oluşturuvcu kimyasal madde C ve alternatif kimyasal madde C* için biyo-parçalanabilirlik deneylerinin sonuçları (R-1 ve R-2 paralel çalıştırılan reaktörleri belirtmektedir)

Test sonuçları, alternatif kimyasal C* maddesinin biyo-parçalanabilirlik potansiyelinin mevcut kimyasal C maddesinden çok daha yüksek olduğunu göstermiştir. Deney sonuçlarına göre C maddesinin biyo-parçalanabilirlik potansiyel değeri %15 iken bu değer alternatif kimyasal madde C için %87 olarak bulunmuştur.

Tedarikçi firmanın, alternatif kimyasal C* maddesinin üretim için uygun olduğunu belirtmesi üzerine fabrika mühendisleri bu alternatif kimyasalı üretimde kullanmaya karar vermişlerdir.

Böylece, gerçekleştirilecek olan bu kimyasal değişikliğinin atıksu karakteristiği üzerine etkilerini incelemek için bir fırsat yakalanmıştır. Kimyasal değişikliğinin atıksu üzerindeki etkilerini görmek için, bu kimyasalın uygulandığı reçetenin işlemi esnasında, atıksuyun en kirli olarak çıktığı boyama sonrası ilk yıkama teknesinden, kimyasal değişikliği yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra atıksu örnekleri alınmıştır.

Kimyasal değişikliğinden önce yapılan analizler atıksuyun KOİ değerinin 2000 ± 43 mg/L olduğunu göstermiştir. Kimyasal değişikliğinden sonra bu değer 840 ± 22 mg/L seviyesine düşmüştür. Bu düşüşün nedeni, bu iki farklı kimyasalın KOİ değerlerindeki farklılıklardır. Mevcut kimyasal C maddesinin KOİ değeri 1300 mg/g iken bu değer alternatif kimyasal C* maddesi için 525 mg/g'dır. Daha önce belirtildiği gibi, kompleks oluşturucu kimyasal maddeler direkt olarak (nerdeyse %100'üne yakın bir değer) atıksuya karışmaktadırlar (OECD, 2004). Yani, alternatif kimyasal C* maddesinin mevcut kimyasal C maddesi kadar tüketildiği düşünülürse, bu kimyasal değişikliği sayesinde firma kullandığı her 1 g kimyasal madde ile 775 mg (1300-525 mg) KOİ yükünü elimine edebilmektedir. Bu kimyasalların tüketim miktarlarının ortalama aylık değeri 4000 kg olduğu düşünülürse, bu kimyasalların tüketimi sonucunda açığa çıkan KOİ yükü kimyasal değişikliğinden önce 5200 kg KOİ/ay (1.3 g KOİ/g madde*4000 kg madde) ve kimyasal değişikliğinden sonra bu değer 2100 kg KOİ/ay (0.525 g KOİ/g madde*4000 kg madde) olarak hesaplanmaktadır. Yani, firma bu kimyasal değişikliği ile aylık 3100 kg KOİ yükünü elimine edebilmektedir.

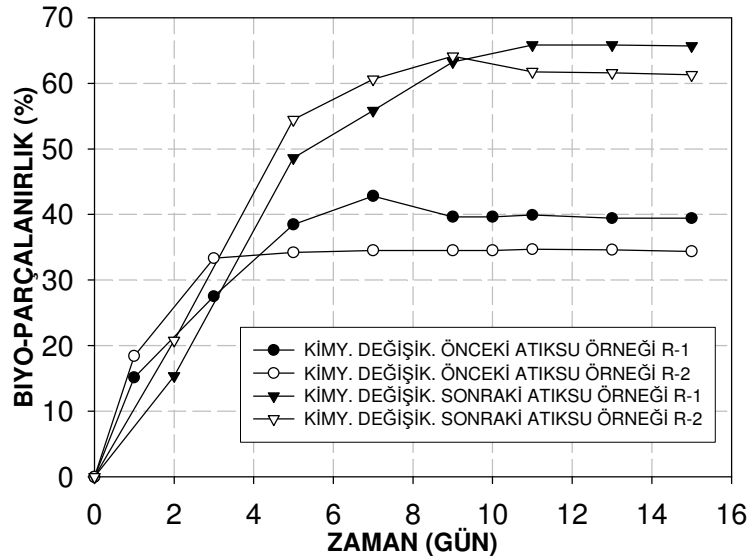
Bunun yanında, kompleks oluşturucu maddeler atıksuyun biyo-parçalanabilirlik özelliklerini de direkt olarak etkilemektedirler. Bunun için alınan atıksu örnekleri üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Tablo 113 bu atıksu örneklerinin KOİ değerlerini, reaktörlere eklenen atıksu örnek miktarlarını ve buna karşılık gelen KOİ değerlerini göstermektedir.

Tablo 113. Atıksu örneklerinin KOİ değerleri, reaktörlere eklenen atıksu örnek miktarları ve karşılık gelen KOİ değerleri

Atıksu Örneği	Atıksu Örnekleri KOİ Değeri (mg/l)	Reaktörlere Eklenen Atıksu Örnek Miktarları (ml)	Karşılık Gelen KOİ Değeri (mg/l)
Kimyasal Değişikliğinden Önce	2000	350	700

Atıksu Örneği	Atıksu Örnekleri KOİ Değeri (mg/l)	Reaktörlere Eklenen Atıksu Örnek Miktarları (ml)	Karşılık Gelen KOİ Değeri (mg/l)
Kimyasal Değişikliğinden	840	750	630
Sonra			

Deney sonuçları, atıksudaki biyo-parçalanabilirlik değerinin en az %25 oranında iyileştiğini göstermiştir. Bu değer kimyasal değişikliğinden önce %38 civarında iken kimyasal değişikliğinden sonra %64 seviyelerine kadar yükselmiştir. Sonuçlar Şekil 108'de gösterilmektedir.



Şekil 108. Kimyasal değişikliği öncesi ve sonrası alınan atıksu örnekleri üzerinde gerçekleştirilen biyo-parçalanabilirlik deneylerinin sonuçları (R-1 ve R-2 paralel çalıştırılan reaktörleri belirtmektedir)

3.6.3.2. İstatistiksel Analiz Sonuçları

Daha önce de belirtildiği üzere, envanter çalışması sırasında, terbiye bölümünde kullanılan bir reçetede kompleks oluşturucu A ve B kimyasallarının birlikte kullanıldıkları ve bu iki kimyasalda biyo-parçalanabilirlik potansiyellerinin düşük olması nedeni ile çevresel açıdan problemli oldukları belirtilmişti. Bu kimyasallar üzerinde biyo-parçalanabilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra, söz konusu kimyasalların farklı derişimlerinin birleşimleri üzerinde de deneysel olarak çalışılmıştır. Deneyler ile elde edilen sonuçlar faktör analizi kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Buradaki asıl amaç, biyo-

parçalanabilirlik değeri (bağlı değişken) ile bu iki kimyasalın derişimleri (bağımsız değişken) arasındaki ilişkiyi açıklamaktır.

Bu kimyasalların değişik orandaki derişimlerinin karışımları üstünde de biyo-parçalanabilirlik testleri gerçekleştirilmiş ve faktör analiziyle derişimlerdeki değişimlerin biyo-parçalanabilirlik üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Yani, faktör analizi hangi kimyasalın biyo-parçalanabilirlik üzerine ne kadar etkisi olduğunu belirlemek için yapılmıştır. Deney sonuçları iki adet istatistiksel yazılım (SPSS-Statistical Package for the Social Sciences ve STATGRAPHICS) ile değerlendirilmiştir. Analizler yapılırken, yazılımların çoklu regresyon (multiple regression) özelliklerinden yararlanılmıştır.

Bu çalışma esnasında, 14 deneyin sonucu kullanılmıştır. Bunlardan 12 tanesi modeli inşa etmek için, 2 tanesi de oluşturulan modelin geçerliliğini denetlemek için kullanılmıştır. Modeli oluşturmak için kullanılan 12 adet deney sonucu Tablo 114’de verilmektedir.

Tablo 114. Kompleks oluşturucu A ve B kimyasallarının deneysel derişimleri (bağımsız değişkenler) ve bunlara bağlı elde edilen biyo-parçalanabilirlik deney sonuçları (bağımlı değişkenler)

Deney No.	Derişim Kompleks Oluşturucu A (ml/l)	Derişim Kompleks Oluşturucu B (ml/l)	Biyo-parçalanabilirlik (%)
1	0	8.75	43
2	0	8.75	49
3	1.1	4	42
4	1.1	4	45
5	1.3	0	12
6	1.3	0	18
7	1.7	5.5	43
8	1.7	5.5	47
9	2	0	20
10	2	0	22
11	3	9	37
12	3	9	38

Deneysel veriler, aşağıdaki gibi bir model oluşturmak için kullanılmıştır.

$$Y = B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12}X_{12} + B_{11}X_{11} + B_{22}X_{22}$$

Burada;

Y	A ve B kimyasallarının karışım derişimlerinin biyo-parçalanabilirlik değerleri, (%)
B ₁	A kimyasalının derişim etki katsayısı, (birimsiz)
B ₂	B kimyasalının derişim etki katsayısı, (birimsiz)
B ₁₂	A ve B kimyasallarının karışım derişimlerinin etki katsayısı, (birimsiz)
B ₁₁	A kimyasalının derişiminin ikinci dereceden etki katsayısı, (birimsiz)
B ₂₂	B kimyasalının derişiminin ikinci dereceden etki katsayısı, (birimsiz)
X ₁	A kimyasalının derişimi, (mL/L)
X ₂	B kimyasalının derişimi, (mL/L)
X ₁₂	X ₁ ve X ₂ 'nin etkileşim terimi
X ₁₁	A kimyasalının ikinci dereceden etki terimi
X ₂₂	B kimyasalının ikinci dereceden etki terimi

Yazılım programları tarafından hesaplanan katsayı, standart hata, p-değer ve t-istatistik değerleri Tablo 115'te verilmektedir. İstatistiksel analize göre model aşağıdaki şekilde yazılmıştır.

$$Y = 12.6494 X_1 + 11.5327 X_2 - 1.37826 X_{12} - 1.04389 X_{11} - 0.717003 X_{22}$$

Tablo 115. Yazılım programları tarafından hesaplanan katsayı, standart hata, P-değer ve T-istatistik değerleri

Bağımsız Değişken	Katsayı	Standart Hata	T-Değeri	P-Değeri
X ₁	12.6494	5.40947	2.33838	0.0520
X ₂	11.5327	2.06141	5.59455	0.0008
X ₁₂	1.37826	0.413468	-3.3334	0.0125
X ₁₁	-1.04389	2.97224	-0.351214	0.7358
X ₂₂	-0.717003	0.23797	-3.01299	0.0196

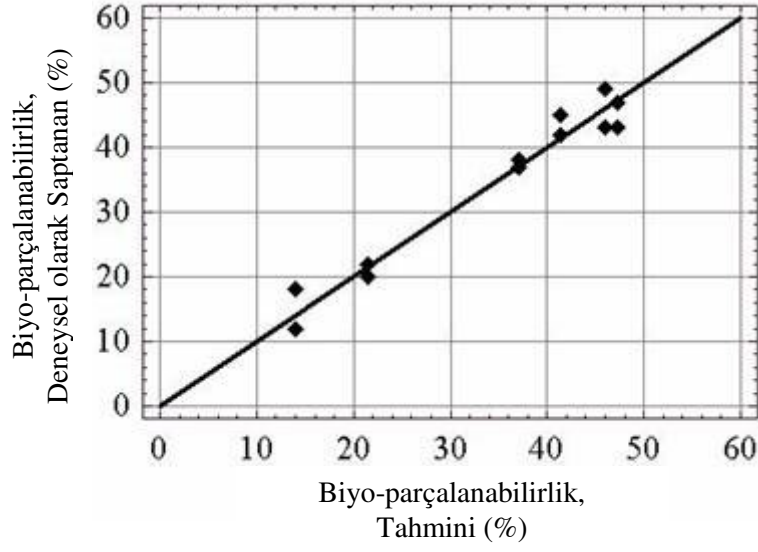
Tablodan da görüleceği üzere, X_{11} teriminin p-değeri 0.1'den büyüktür. Eğer bir terimin p-değeri 0.1'den büyükse, o terim model için anlamlı değildir. Bu yüzden, X_{11} teriminin modelden çıkartılması gerekmektedir. Yeni modele ait hesaplanan katsayı, standart hata, p-değer ve t-istatistik değerleri Tablo 116'da verilmektedir.

Tablo 116. Yazılım programları tarafından yeni hesaplanan katsayı, standart hata, P-değer ve T-istatistik değerleri

Bağımsız Değişken	Katsayı	Standart Hata	T-Değeri	P-Değeri
X_1	10.7794	0.9015641	1.9563	0.0000
X_2	12.1945	0.7884631	5.4662	0.0000
X_{12}	-1.51171	0.153782	-9.83023	0.0000
X_{22}	-0.792648	0.0954901	-8.30084	0.0000

Böylece, çoklu bağıntı katsayısı (multiple correlation coefficient (R-squared)) değeri %99.5447 olan doğrusal bir çoklu regresyon modeli elde edilmiştir. Çoklu bağıntı katsayısı %99.5447 olan bu model, bağımlı değişken Y ile bağımsız değişken X'ler arasında doğrusal bir yakın ilişki olduğunu göstermektedir. Deneysel olarak saptanan (observed) biyo-parçalanabilirlik değerleri ile model tarafından tahmin edilen (predicted) değerlere ait grafik Şekil 109'da gösterilmektedir. Şekil 109'dan anlaşılacağı üzere, belirlenen noktaların diyagonal bir çizgi etrafına düzgün olarak dağılımı görülmektedir. Böylece, yeni modele ait denklem aşağıdaki hali almaktadır.

$$Y = 10.7794 X_1 + 12.1945 X_2 - 1.51171 X_{12} - 0.792648 X_{22}$$



Şekil 109. Deneysel olarak saptanan (observed) biyo-parçalanabilirlik değerleri ile model tarafından tahmin edilen (predicted) değerler

Bu doğrusal çoklu regresyon modelinin geçerliliğinin denetlenmesi, 1 çift deneysel sonuç ile sağlanmıştır. Model geçerliliğinin denetlenmesi için kompleks oluşturucu A'nın 1.3 mL/L ve kompleks oluşturucu B'nin 8.75 mL/L derişimlerinin karışımları üzerinde yapılan deneylerin sonuçları kullanılmıştır. Deneyler sonrasında bu karışımın biyo-parçalanabilirlik değerleri %42 ile 44 olarak elde edilmiştir. Bu derişim değerleri modele koyulduğu zaman modelin çıktısı %42.8 olarak belirlenmiştir. Bu da, doğrusal çoklu regresyon modelinin kimyasalların test edildiği derişimlerin aralığında geçerli olduğunu göstermektedir.

X_1 'e ait katsayının pozitif bir değer olması, kompleks oluşturucu A kimyasalının biyo-parçalanabilirlik üzerinde pozitif bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu katsayının büyüklüğü kompleks oluşturucu A kimyasalının pozitif etkisinin güçlü bir etki olduğunu da göstermektedir.

Kompleks oluşturucu B kimyasalının da biyo-parçalanabilirlik üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Bu pozitif etki kompleks oluşturucu A kimyasalının etkisinden biraz daha azdır.

Kompleks oluřturucu A ve B kimyasallarının birlikte oldukları durumlarda, toplam etki engelleyici olarak dūřunūlebilir. Ama bu engelleyici etki gōze çarpan bir etki deęildir unkū X_{12} 'nin katsayısı “-1,5” civarındadır.

Kompleks oluřturucu B kimyasalının biyo-parçalanabilirlik üzerine ikinci dereceden etkisinin olduęu sōylenbilir. X_{22} 'ye ait katsayının būyūklūęu biyo-parçalanabilirlik üzerinde kūuk de olsa negatif bir etkinin olduęunu gōstermektedir. Ama Kompleks oluřturucu B kimyasalının deneylerde çalıřılan deriřimlerinin 0 ile 9 mL/L olduęu hesaba katılırsa, bu kūuk olan etki būyūyebilir. Bu yūzden, kūuk gōrūnen bu etkiyi yok saymak yanılıcı olabilir.

3.6.4. Genel Değerlendirmeler

- Őretimde kullanılan 128 adet kimyasal arasından 8 tanesi çevresel açıdan problemlili olarak belirlenmiřtir. Fabrikanın aylık ortalama kimyasal tūketiminin 1000 ton olduęu ve çevresel açıdan problemlili olarak belirlenen kimyasalların aylık ortalama tūketiminin ise yaklařık 50 ton olduęu dūřūnūlūrse, bu çalıřmanın toplam kimyasal kullanımının %5'ini kapsadıęı dūřūnūlebilir.
- Kūkūrt boyarmadde A'nın deęiřtirilmesi ile iřletme atıksu arıtma tesisine deřarj etmekte olduęu kūkūrtū %65'e yakın bir oranda engellemiřtir. Bu kimyasal deęiřiklięi ile atıksu arıtma tesisindeki mikroorganizmaların geliřmelerini engelleyici risklerin azaltılması da saęlanmıřtır.
- Kompleks oluřturucu C kimyasalı yerine Őretimde alternatif kimyasal C*'nin kullanılması ile bu kimyasalların kullanıldıkları atıksuyun biyo-parçalanabilirlik seviyesi yūkseltilmiřtir. Alınan Őrnek proses suları ile gerçekleřtirilen deneyler, bu Őrneklerde biyo-parçalanabilirlik potansiyeli artırımının en az %25 olduęunu gōstermiřtir (%38'den %64'e yūkselmiřtir). Bu kazanımın yanında, alternatif kimyasal ile mevcut kimyasalın KOİ deęerlerinden ileri gelen bir farktan dolayı alınan Őrnek proses atıksuyunda yapılan Őlūmlerde atıksulardaki KOİ yūkūnūn azaldıęı gōrūlmūřtir. Yapılan hesaplamalarla, tesis bu kimyasal deęiřiklięi sonucunda aylık 3100 kg KOİ yūkūnū engellemiřtir.

- Yapılan faktör analizi çalışmalarına göre, kompleks oluşturucu A ve B kimyasallarının kendi başlarına biyo-parçalanabilirlik üzerine güçlü pozitif etkilerinin olduğu, bu kimyasalların bir araya gelmesi ile bu etkinin engelleyici bir etkiye dönüştüğu ve en son olarak kompleks oluşturucu B kimyasalının biyo-parçalanabilirlik üzerine ikinci dereceden yok sayılamayacak negatif bir etkisinin olduğu söylenebilir.

4. ÇEVRESEL RİSK ANALİZİ ÇALIŞMALARI

Tarihte endüstriyel kazalardan pek çok sivil etkilenmiş, bu tarz kazaların engellenmesi için pek çok çalışma yapılmıştır. IPPC Direktifi uygulamalarında da endüstrilerin taşıdığı çevresel riskin hesaplanması ve minimize edilmesi gerekmektedir. Direktifte sözü geçen kazalar genellikle üretimi doğrudan etkileyebilecek, fabrika ve çevresine zarar verebilecek, hatta fabrika çevresinde yaşayan insanların hayatını tehdit edebilecek boyuttaki büyük kazalardır. Dolayısıyla, çalışmanın ilk başında yapılan tarama sonucunda tesiste bu tarz bir kazaya yol açabilecek unsurların neler olabileceği incelenmiştir. Orta Anadolu'da 130'dan fazla kimyasal bulunmaktadır. Bunların arasında patlayıcı, parlayıcı, yanıcı, yakıcı özelliği bulunan, oldukça reaktif kimyasallar da vardır.

Yapılan incelemeler sonucunda fabrikada meydana gelebilecek olan büyük çaplı endüstriyel kazaya kimyasalların neden olabileceği belirlenmiş, proje kapsamında yapılacak çevresel risk analizi ile fabrikada bulunan kimyasalların neden olduğu bir patlamanın ya da yangının oluşması riskinin incelenmesine karar verilmiştir. Olası patlamanın etki alanı da değerlendirilmiştir. Yapılacak çevresel risk analizinde, reseptör olarak sadece insanlar dikkate alınmıştır (söz edilen risk altında olan grup fabrikada çalışan işçiler ve çevrede yaşayan insanlar olarak belirlenmiştir).

Risk analizi niteliksel, niceliksel ya da yarı niceliksel olarak hazırlanabilir. Risk analizi uygulamalarında tercihen önce niteliksel risk analizi ile genel tablo ortaya konur, ardından önem teşkil eden unsurların niceliksel risk analizi yapılır. Niceliksel risk analizinden çıkan matematiksel risk değerinin tolere edilip edilemeyeceğine bakılır ve riski kabul edilebilir değere indirmek üzere gerekli önlemler alınır.

4.1. Ön Çalışma

Fabrikaya yapılan keşif gezisi ve gerçekleştirilen ön çalışma sonunda niteliksel risk analizi tamamlanmıştır. Bu çalışma kapsamında ana ambar, indigo, haşıl, terbiye ve iplikhane bölümlerinde yangın ya da patlama depolanan, taşınan ve kullanılan kimyasallar incelenmiş, depolama ve kullanım koşulları ile ilgili risk teşkil eden unsurlar belirlenmiş ve bunlarla ilgili

fabrika yönetimine ayrıntılı bir rapor sunulmuştur. Bu raporda ön çalışma sonucunda fark edilen risk unsurları hakkında bir takım öneriler de getirilmiştir.

Niteliksel risk analizi fabrikanın taşıdığı riskin sözel olarak dile getirilmesidir. Niceliksel risk analizi ise bu riskin sayısal olarak ifadesidir. Fabrikada var olan yarı niceliksel riski hesaplamak için hangi metodun kullanılacağına var olan metodların incelenmesi sonucunda karar verilmiştir. Seçeneklerin özellikleri aşağıda tartışılmış, hangi metodun seçileceğine seçenek analizi metoduyla (Tablo 117) karar verilmiştir.

4.1.1. Olası Tehlikeler ve Proses Çalışması

“Olası Tehlikeler ve Proses Çalışması” (Hazard and Operability, HAZOP) endüstrilerde bulunan işletmelerin tasarımından ötürü doğabilecek olan tehlikeleri analiz etmek için kullanılır. Genellikle işlemsel problemler için kullanılır.

Avantajları:

- Projenin her aşamasında potansiyel tehlikeleri ve bu tehlikelerin etkilerini belirler.
- Endüstrideki hassas noktalar üzerinde yoğunlaşır.
- Kimyasal tehlikeler için kullanılabilmesi gibi, kimyasalların nakliyesi sırasında oluşabilecek tehlikeleri belirlemek için de kullanılabilir.

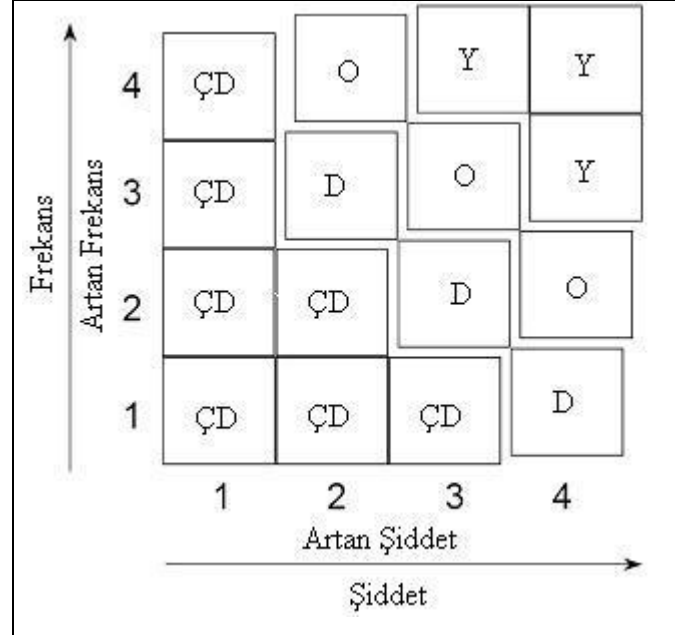
Dezavantajları:

- Diğer yöntemlere göre daha fazla zaman gerektirir.
- Disiplinlerarası bakış açısına sahip ve tecrübeli bir ekip çalışmasını gerektirir.
- Bu metodla tehlikeler önem sırasına dizilemez.
- Sadece bir tehlike için kullanılabilir, birkaç olayın aynı anda olduğu durumlarda yararlı değildir.

4.1.2. Matriks Yöntemi

Risk analiz matriksi değişik riskleri önemine göre sıralamak için kullanılan yöntemlerden biridir. Frekans ve sonuçları belirlenen olası tehlikeler belirlendiğinde, Şekil 110’da görülen formatta bir matriks hazırlanabilir. En üst-sağ köşede yer alan kutucuklar daha yüksek

olasılıklı ve daha ciddi sonuçlar doğurabilecek olayları, en alt-solda yer alan kutucuklar ise düşük riskleri gösterir. (ÇD: Çok Düşük, D: Düşük, O: Orta, Y: Yüksek).



Şekil 110. Risk Matriks örneği

Avantajları:

- Matriks yöntemi kısa sürede risklerin öneme göre sıralanmasını sağlar ve uygulanması basit bir yöntemdir.
- Matriks metodu tek başına ortaya çıkabilecek olaylar için de, aynı anda ortaya çıkabilecek pek çok olay için de kullanılabilir.

Dezavantajları:

- Bu yöntemde riski doğru şekilde tanımlamak oldukça önemlidir, aksi halde var olan risk daha düşük ya da daha yüksek görünebilir.
- Olayların şiddeti ve frekansları detaylı biçimde incelendikten sonra bu matrikse dahil edilmelidir.

4.1.3. Hata Biçimleri ve Etki Analizi

Hata Biçimleri ve Etki Analizi, potansiyel hataların analiz edildiği ve bu hataların sistem üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir yöntemdir [URL 1].

Avantajları:

- Metod son derece iyi yapılandırılmış ve detaylı bir yöntemdir.

Dezavantajları:

- Bu yöntemler tehlikeleri önemine göre sıralamaz.
- Metod sadece tek bir hata üzerine yoğunlaşabilir, aynı anda birden fazla hata olduğunda risk hesaplaması bu yöntemle yapılamaz.

4.1.4. Denetim Listesi Analizi

Denetim Listesi Analizi metodunda pek çok maddeden oluşan bir denetim listesi hazırlanır. Bu listede evet ya da hayır olarak cevaplanabilecek pek çok soru bulunur. Bu soruları hazırlamak ve cevaplamak için risk analizi hakkında oldukça deneyimli olmak ve endüstri hakkında sağlam bilgiye sahip olmak gerekir.

Avantajlar:

- Kullanılması kolay bir metoddur.
- Diğer yöntemlere göre daha hızlı tamamlanabilir.

Dezavantajları:

- Risk analizi yapan takımın bilgili ve deneyimli olması gerekmektedir.
- Tehlike tanımını en az ölçüde yapabilen metoddur.
- Daha sonradan oluşabilecek olan tehlikeleri belirleyemez, sadece var olan tehlikeleri değerlendirebilir.

4.1.5. “Eğer...” Analizi

Bu metotta endüstri ile ilgili beyin fırtınası yapılır. Risk analizini yapan kişi, fabrikada keşif gezisi yapar ve sürekli “eğer X gerçekleşirse ne gibi sonuçlar doğar?” sorusunu sorar. Her bölümde neyin yanlış gidebileceği sorusu sürekli olarak sorulur ve buna göre notlar alınır.

Avantajları:

- Kullanılması çok kolay bir metoddur.

- Yeni oluşabilecek ve karşılaşılması çok olağan olmayan tehlikelerde de kullanılabilir.

Dezavantajları:

- Risk analizini yapan kişinin bilgi ve tecrübesiyle sınırlıdır.
- Düzgün bir planı olmayan bu metodda belli bir noktaya yoğunlaşmak oldukça zordur.

4.1.6. Ağaç Yapılı Metotlar

Bu metodlar genelde proseste kullanılan ekipmanlarda oluşabilecek hataları hesaplamak için kullanılır. İşletimsel boyuttaki kazalara iyi cevap veren bu metodda vanaların çalışmaması, boruların yırtılması ve bu gibi tehlikeler incelenir. Dolayısıyla bu metod kimyasal tehlikelerin değerlendirilmesinde çok tercih edilmez.

4.2. Metodoloji

Bütün bu yöntemlerin değerlendirilmesinin ardından, uygulaması daha basit olduğu ve riskleri önemlerine göre sıraladığı için Matriks metodunun uygulanmasına karar verilmiştir. Matriks metodunun uygulanması için gerekli tablolar hazırlanmış, bu tablolar Ek 5'te sunulmuştur.

Tablo 117. Niceliksel Risk Analizinde Kullanılabilecek Olan Yöntemlerin Analizi

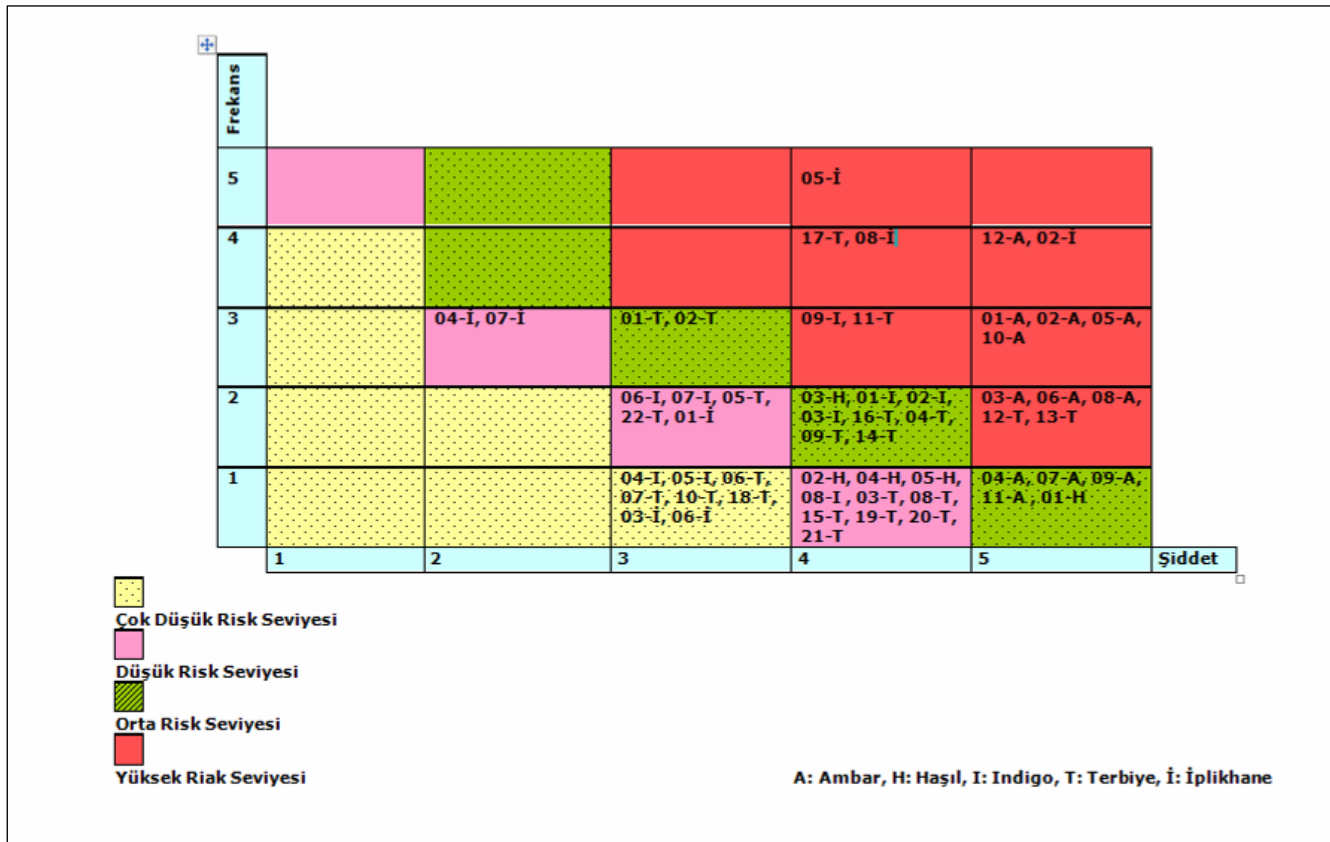
ÖZELLİKLER YÖNTEMLER	Yöntemin kimyasal kazalar için kullanılabilirliği (30*)	Yöntemin kolay uygulanabilirliği (10)	Yöntemin iyi planlanıp planlanmadığı ve detay seviyesi (10)	Yöntemin aynı anda birden fazla tehlikenin ortaya çıkması halinde yeterli olması (10)	Yöntemin tehlikeleri önem sırasına dizip dizmediği (20*)	Yöntemin uygulamasının kısa zamanda tamamlanabileceği (15*)	Yöntemin gerektirdiği bilgi ve deneyim seviyesinin az olması (5)	Puanlar
HAZOP	30	4	8	0	0	0	0	42
MATRİKS	30	10	6	10	20	15	5	96
HATA BİÇİMLERİ VE ETKİ ANALİZİ	10	5	10	0	0	10	0	35
DENETİM LİSTESİ ANALİZİ	30	10	3	0	0	15	0	58
EĞER... ANALİZİ	30	10	0	0	0	10	0	50
AĞAÇ YAPILI METODLAR	0	0	10	10	20	0	0	40

* Bu projede seçilen metodun kimyasal kaynaklı kazalar için kullanılabilmesi, tehlikeleri önem sırasına göre dizebilmesi ve kısa zamanda tamamlanabilmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle bu özelliklerin puan ağırlığı fazladır.

Bu analiz sonucunda 100 üzerinden 96 ile en yüksek puanı alan matriks yönteminin uygulanması kararlaştırılmıştır (Tablo 117).

Matriks metodunda riski en doğru şekilde tanımlayabilmek için frekans ve şiddet değerlerinin oldukça dikkatli biçimde doldurulması gerekmektedir. Aksi takdirde, ortaya çıkan risk değerleri subjektif görüşleri yansıtabilir. Bunu önleyebilmek için tabloların içinde yer alan frekans ve şiddet değerleri literatür araştırması yapılarak, tarihi endüstriyel kaza istatistikleri dikkate alınarak ve fabrika çalışanlarının görüşüne danışılarak yapılmıştır. Son olarak, bütün tablolar ve matriks fabrika yönetimine sunulmuş ve fabrikanın da katılımı sağlanarak kararlar netleştirilmiştir.

4.3. Risk Matriksi



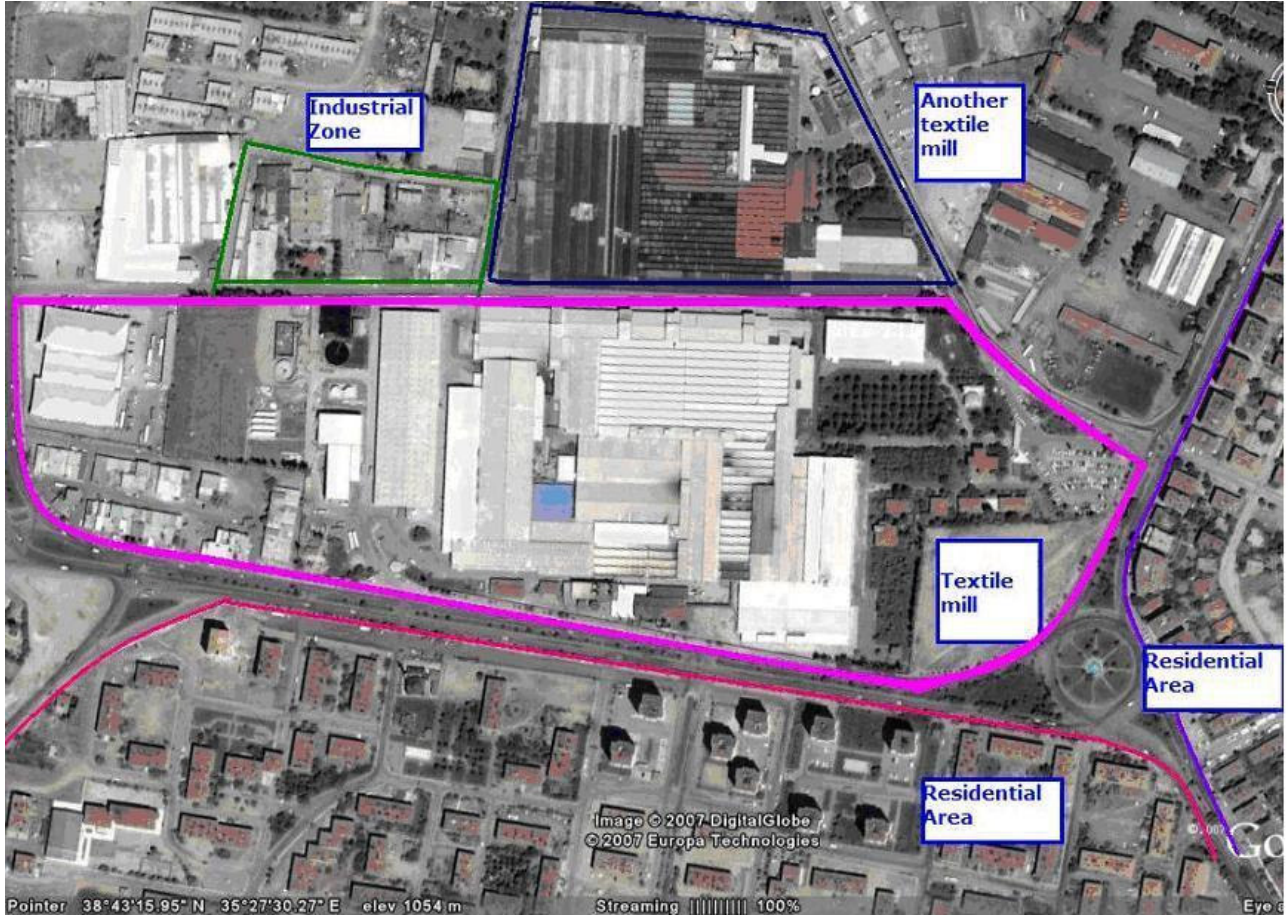
Şekil 111. Risk matriksi

Çalışma sonunda ortaya çıkan risk matrisi Şekil 111’de sunulmuştur. Matrikste yer alan riskler belli bir sistemlikle yazılmıştır. Ekteki risk tablolarında yer alan risk unsurlarının başlarında bulunan numaralar ile çalışmanın yapıldığı bölümün baş harfi birleştirilerek riskler matrisin içine yazılmış ve riskin seviyesine göre bölümlendirilmiştir. Yarı niceliksel risk analizi sonuçlarına göre fabrikada var olan en yüksek risk unsurları aşağıdaki gibidir:

- Ana ambarda havalandırma olmaması
- İçerde forklift ya da elektrik ile çalışan aletlerin bulundurulması
- Numune alımı esnasında ambalajların açık durumda bulundurulması ve numune alımından sonra bu şekilde unutulması
- Çok yanıcı ve yakıcı kimyasalların durduğu bölümün yeterince izole edilmemesi ve dayanıklı malzeme ile inşaa edilmemesi
- Bağlı nem ve sıcaklık değerlerinin düzenli kontrol edilmemesi
- Ana ambarın pamuk ambarına ve diğer endüstrilere sadece 20 metre uzakta bulunması
- Ambalajı aşınmış kimyasalların ana ambarda bulunması
- Pamuk ambarının kimyasal deposuna çok yakın olması
- İplikhanedeki klima kanalı içinde yangın çıkması
- İplikhanedeki emiş kanallarına kıvılcım gitmesi
- Çalışanların kimyasallar, olası kazalar ve acil durum planı hakkında yeterli bilgiye sahip olmaması
- Elektrik panoları üzerinden buhar ve su borularının geçmesi
- Denim finiş bölgesi gaz borusu koruması olmaması
- Terbiye mutfağında bulunan pişirme tanklarının bakımları düzenli olarak yapılmaması, aşınmış pişirme tanklarının bulunması

Matriksten çıkan sonuçlara göre, iplikhane bölümünde yangın çıkması riski oldukça yüksek. Ancak, bu bölümdeki çalışanlar sık sık yangın çıkabileceğinin bilincindedeler ve ortaya çıkan yoğun koku sayesinde yangını hemen söndürüyorlar. Dolayısıyla iplikhanede çıkabilecek yangının şiddet seviyesi kimyasal kaynaklı yangınlara göre oldukça düşük.

Kimyasal kaynaklı yangın ya da patlama oluşması frekansı oldukça düşük, ancak böyle bir kazanın şiddeti oldukça yüksek. Ayrıca fabrikanın konumu nedeniyle, oluşabilecek büyük çaplı endüstriyel kazaların domino etkisi oluşturması ihtimali en yüksek riski teşkil ediyor. Şekil 112’de de görülebileceği gibi, fabrikanın 20 metre ilerisinde organize sanayi bölgesi ve bir tekstil endüstrisi daha bulunuyor. Yerleşim bölgesi ise fabrikaya yaklaşık 350 metre uzaklıkta yer alıyor. IPPC Direktifi domino etkisini özellikle vurguladığından dolayı olası kimyasal kaynaklı yangın ve patlamanın etki alanı çalışma kapsamında detaylı olarak incelenmiş ve raporun ilerleyen bölümlerinde sunulmuştur.



Şekil 112. Fabrikanın Google Earth’ten alınmış görüntüsü

Yukarıda yazılı risk unsurlarından bazıları çalışma esnasında bazıları da çalışma sonunda fabrika yönetimi tarafından gerekli tedbirler alınarak indirgenmiştir. Çalışanların acil durum planları ve kimyasallar hakkında yeterli bilgi sahibi olmadıkları ve olası acil durumlarda gerekli

müdahaleleri yapamayabilecekleri tespit edildiğinden, çalışma esnasında her bölümün kimyasal ambarına Malzeme Bilgi Güvenlik Formları görünür biçimde yerleştirilmiş ve çalışanların kimyasallar hakkındaki bilgi düzeyleri arttırılmıştır.

Çalışanlar, Türk ve yabancı ziyaretçiler için güvenlik cep broşürleri hazırlanmış, bu broşürlerde güvenlik için dikkat edilmesi gereken unsurlar, acil durumlarda aranacak numaralar ve toplanma noktaları belirtilmiştir. Ekte yer alan broşürler fabrika yönetimine sunulmuştur.

4.4. Etki Alanı İncelemesi

Fabrikanın konumundan dolayı domino etkisi riski detaylı olarak analiz edilmiştir. Olası patlamanın etki alanı modellenmesi Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın geliştirmiş olduğu ALOHA adlı yazılım programıyla yapılmıştır.

Bu amaçla kullanılan, yine EPA'nın geliştirdiği RMP COMP, TNO'nun geliştirdiği EFFECTS PLUS ve DAMAGE gibi pek çok yazılım programı bulunmaktadır. Ancak, ALOHA kimyasal envanterine ekleme yapılmasına izin verdiği için bu çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir.

Modelleme çalışmasından önce yaklaşık 130 kimyasalın malzeme bilgi güvenlik formları incelenmiş, yanıcı ve patlayıcı özelliği olan kimyasallar seçilmiştir. 7 kimyasalın oldukça yanıcı ve patlayıcı olduğunun tespit edilmesinin ardından, bu kimyasallarla ilgili fiziksel ve termodinamik özellikler araştırılmış ve yine bu kimyasalların fabrikadaki stok değerlerine ulaşılmıştır.

Bir kimyasalın patlama ya da yangına yol açması için, kimyasalın ya buharlaşması ya da süblimleşmesi gerekmektedir. Ortamda yeterli havalandırmanın olmayışı, yanıcı ya da patlayıcı buharın ortamda birikmesine ve çeşitli kıvılcım kaynakları (statik elektriklenme, ortamda bulunan ısı kaynakları, elektrikli aletler, vs.) ile patlamasına yol açabilir. ALOHA bu teoriyi baz alarak yazılmış matematiksel denklemler ile çalışan bir yazılım programıdır. Modelleme esnasında bazı kimyasalların içinde buldukları tanktan yavaş yavaş sızdıkları, bazılarında ise en kötü ihtimalin

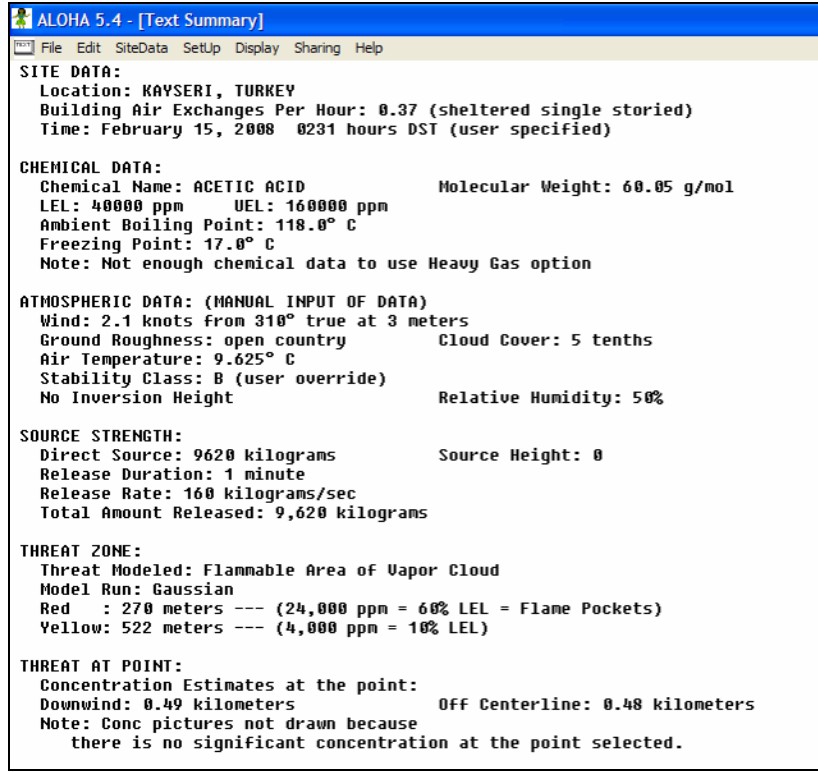
değerlendirilebilmesi amacıyla bütün kimyasalın bir anda boşaldığı senaryolar değerlendirilmiştir.

4.4.1. Modelleme Sonuçları

Modelleme ile 7 kimyasalın kimyasalın yayılma alanı belirlenmiştir. Ancak, bu kimyasallarının hepsinin toksik özelliği farklı olduğu için, bazı kimyasallarda toksik etki modellenmesi yapılmamıştır. Bazı kimyasallarda ise, malzeme bilgi güvenlik formları kimyasalın temin edildiği şirket tarafından eksik gönderildiği ve literatürde gerekli değerler bulunmadığından ötürü yeterli ve güvenilir modelleme bilgileri alınamamıştır. Yine de, bir ön bilgi oluşturması açısından bu kimyasallara ait modelleme sonuçları da aşağıda sunulmuştur:

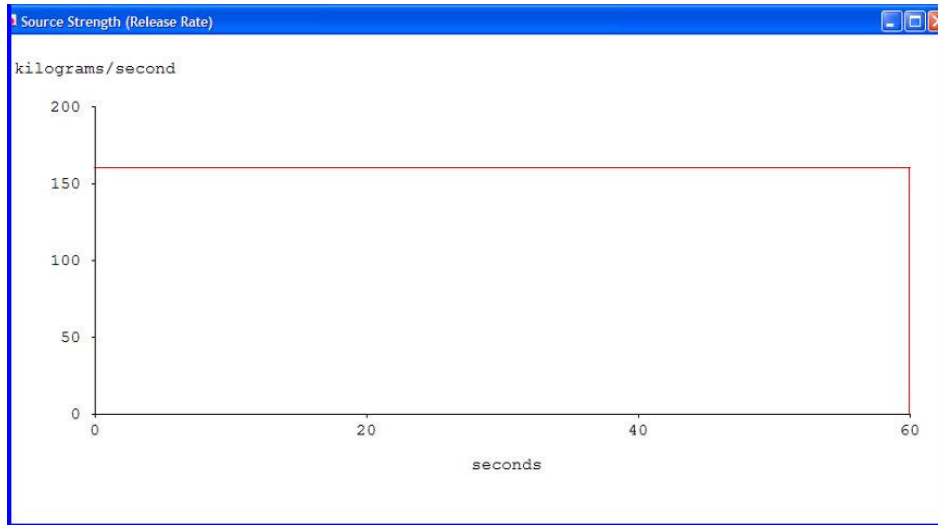
4.4.1.1. Asetik Asit:

ALOHA yazılım programına Kayseri'ye ait meteoroloji dataları, binaya ait bilgiler ve kimyasal özellikleri Şekil 113'teki gibi girilmiştir:



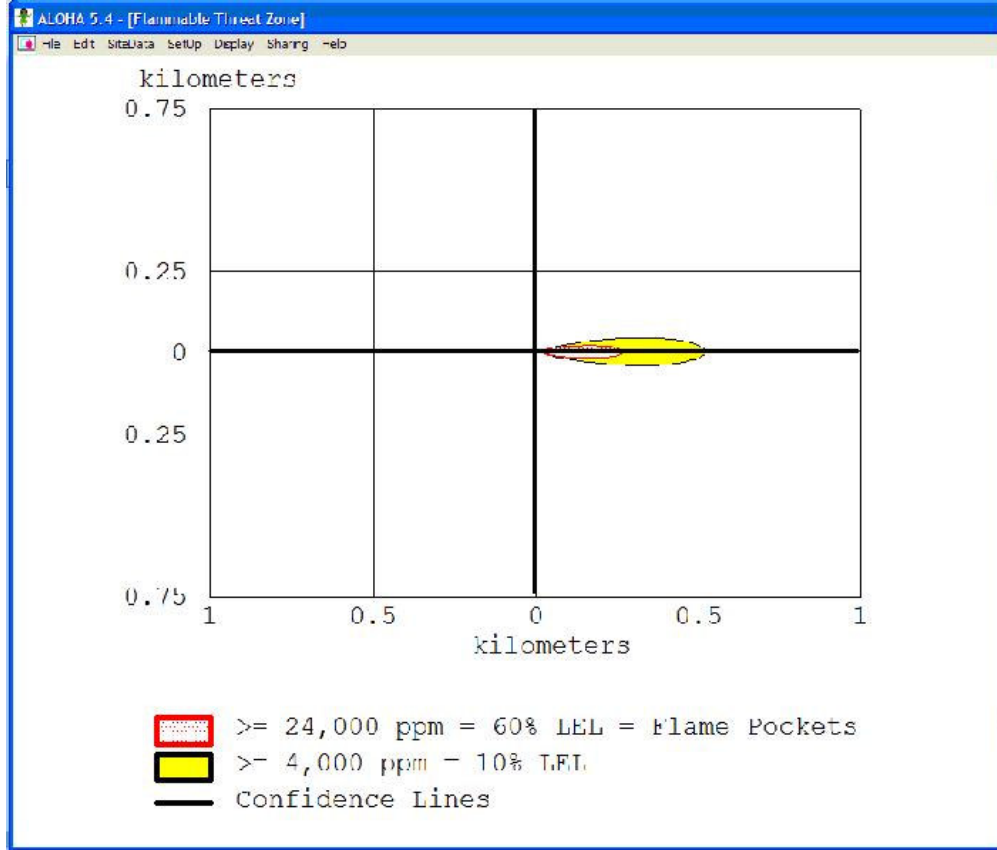
Şekil 113. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları

Bu bilgilerden sonra fabrikada depolanan tüm asetik asit miktarının bir anda boşalması senaryosu incelenmiştir. Kimyasal miktarları fabrikadan alınan ortalama sarf değerleri ve ana ambardaki ortalama stok değerleri alınarak kullanılmıştır.



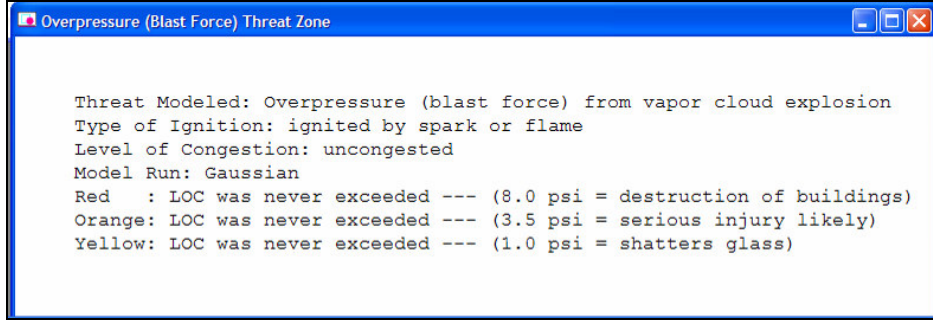
Şekil 114. Asetik Asit sızma hızı

Şekil 114'te de görülebileceği gibi, 9620 kg asetik asit saniyede 160 kg hızla boşalacaktır.



Şekil 115. Yanıcı buhar yayılma alanı

Model çıktılarına göre, asetik asitin tamamının boşaldığı bir senaryoda 200 metrelik bir alanda üst düzeyde yangın tehlikesi varken, 500 metrelik bir alanda alt düzeyde yangın tehlikesi var. Bu, yanıcı buhar konsantrasyonu seviyesinin kıvılcımla yangına dönüşebilmesinin oldukça yüksek bir ihtimal olduğunu gösteriyor. Yerleşim alanlarının olduğu 350 metre ve ilerisi için bu risk daha düşükken, 200 metrelik bir alanda risk oldukça yüksek.



Şekil 116. Yüksek basınç alanı

Yanıcı buhar patlaması sonucu ağır yaralanmaya yol açacak ya da fabrikaya büyük maddi zarar verebilecek ölçüde basınç yükselmesi olmayacaktır.

Modelleme sonuçlarına göre, fabrikada depolanan tüm asetik asit bir anda ortama karışırsa, yanıcı buhar 200 metre civarında yüksek konsantrasyonda olacaktır. Bu, 200 metre yarıçapında yangın meydana gelmesi olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir. 500 metre yarıçapta risk düşse de, asetik asit kaynaklı bir yangın ihtimali vardır.

Ancak, basınç yanıcı buhar patlaması sonucu yüksek tahribat meydana getirecek ölçüde yükselmeyecektir. Bu da, ağır yaralanma ya da büyük çapta mülkiyet hasarının olma ihtimalinin düşük olduğunu gösterir.

4.4.1.2. Poliglikol Eter:

```
ALOHA 5.4 - [Text Summary]
File Edit SiteData Setup Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: KAYSERI, TURKEY
Building Air Exchanges Per Hour: 0.62 (unsheltered single storied)
Time: February 19, 2008 0809 hours DST (user specified)

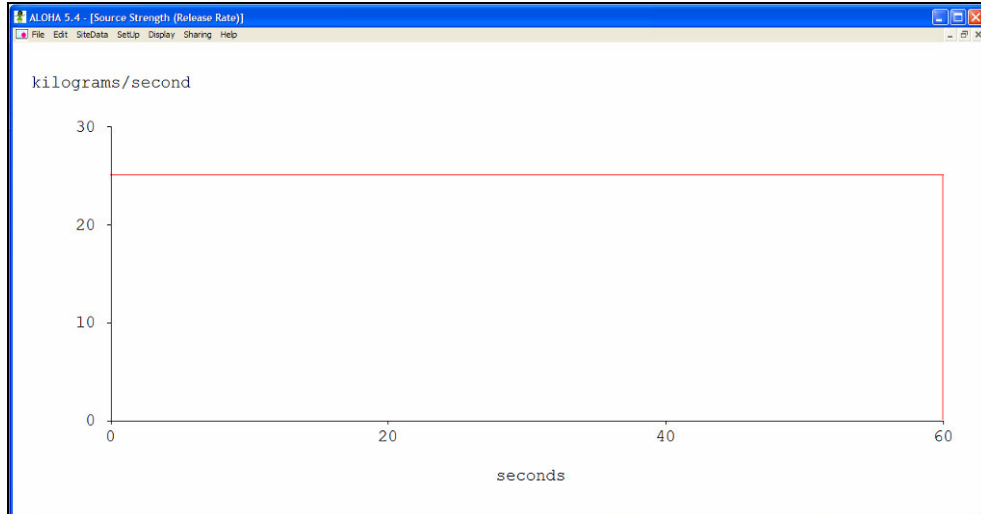
CHEMICAL DATA:
Chemical Name: ALCOHOL POLYGLYCOLETHER
Molecular Weight: 810.00 g/mol
Normal Boiling Point: 302.5° C
Freezing Point: 40.0° C
Note: Not enough chemical data to use Heavy Gas option

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2.1 knots from 310° true at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 9.625° F Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Direct Source: 1500 kilograms Source Height: 1 meters
Release Duration: 1 minute
Release Rate: 25 kilograms/sec
Total Amount Released: 1,500 kilograms

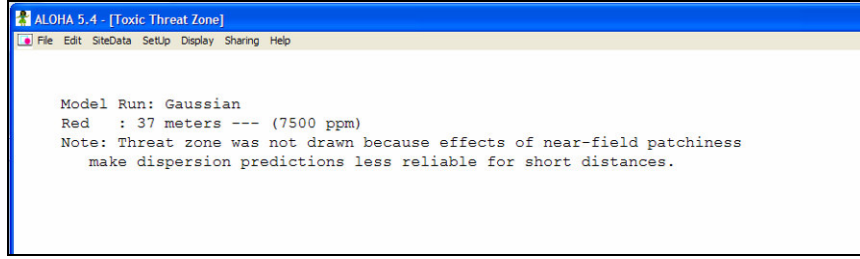
THREAT ZONE:
Model Run: Gaussian
Red : 37 meters --- (7500 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.
```

Şekil 117. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları



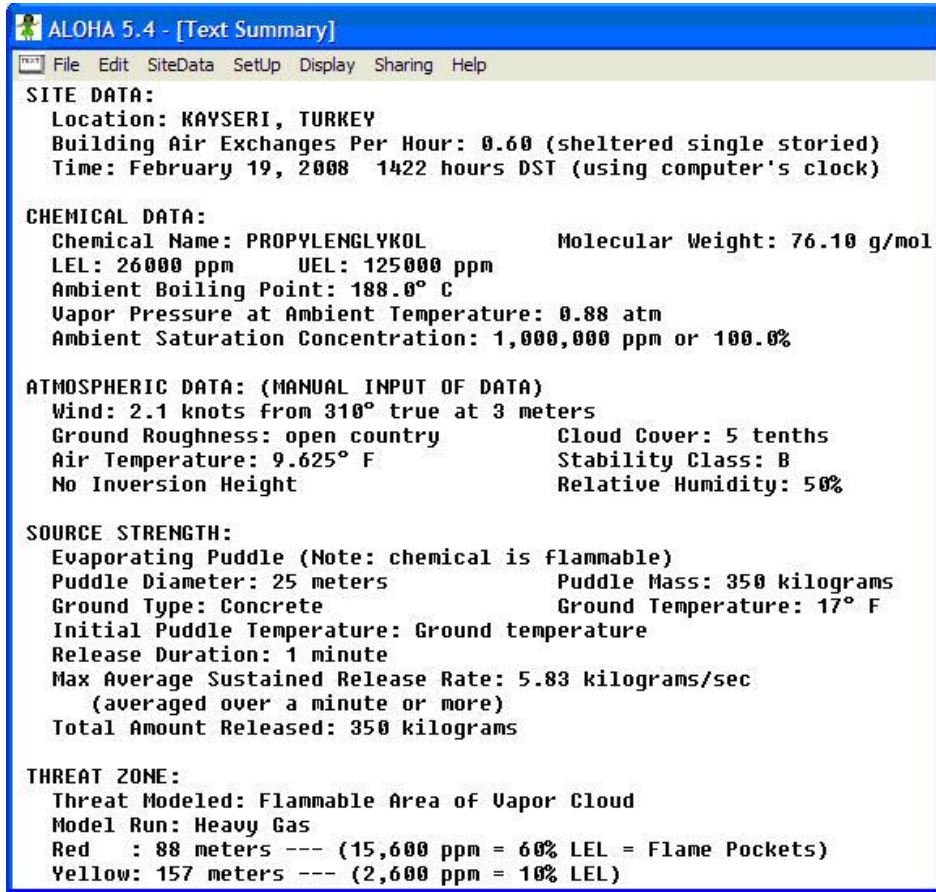
Şekil 118. Poliglikol Eter sızma hızı

Şekil 118'de görülebileceği gibi 25 kg/s hızı ile yayılan poliglikol eter, 37 metre çapında toksik etki yaratıyor, (Şekil 119). Ancak, kimyasala ait detaylı bilgi malzeme bilgi güvenlik formunda ve literatürde yer almadığından, bu sonuç yeterince güvenilir değil. Dolayısıyla, 37 metre yarıçap etki alanı yalnızca bir ön bilgi olarak kullanılmalıdır.



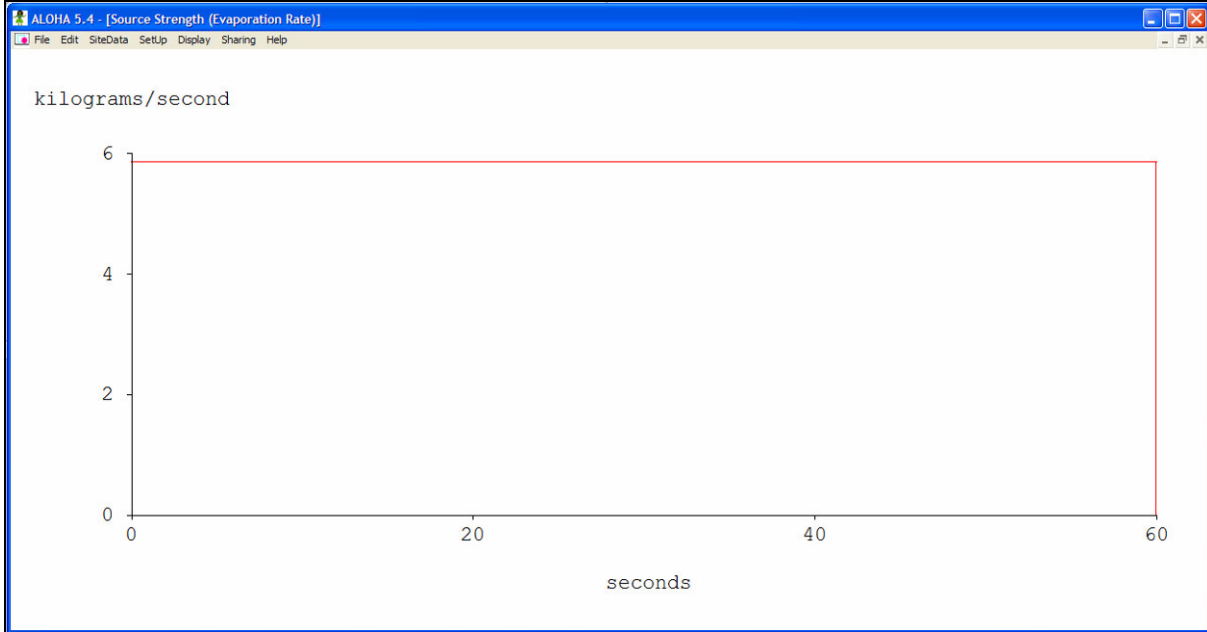
Şekil 119. Toksik etki alanı

4.4.1.3. Propilen Glikol

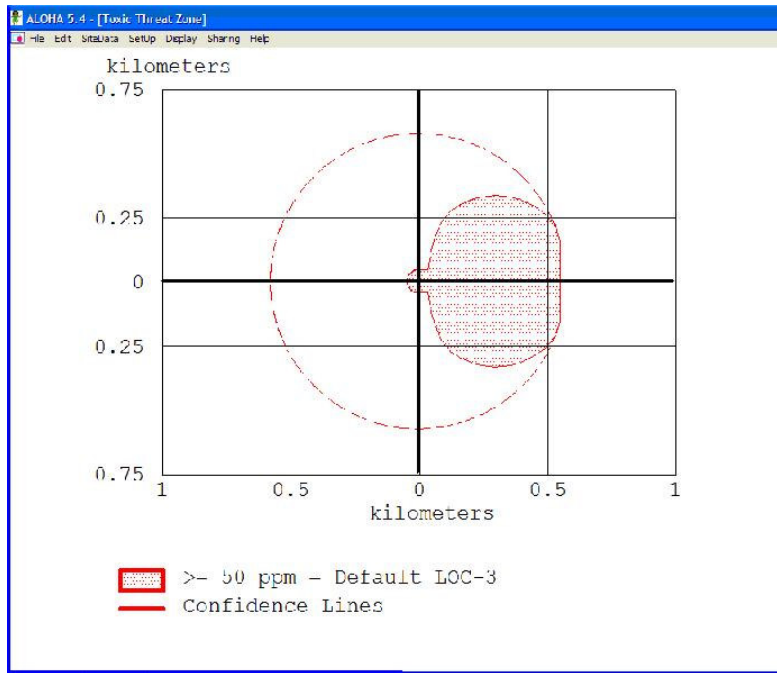


Şekil 120. ALOHA'ya girilen bilgile ve modelleme çıktıları

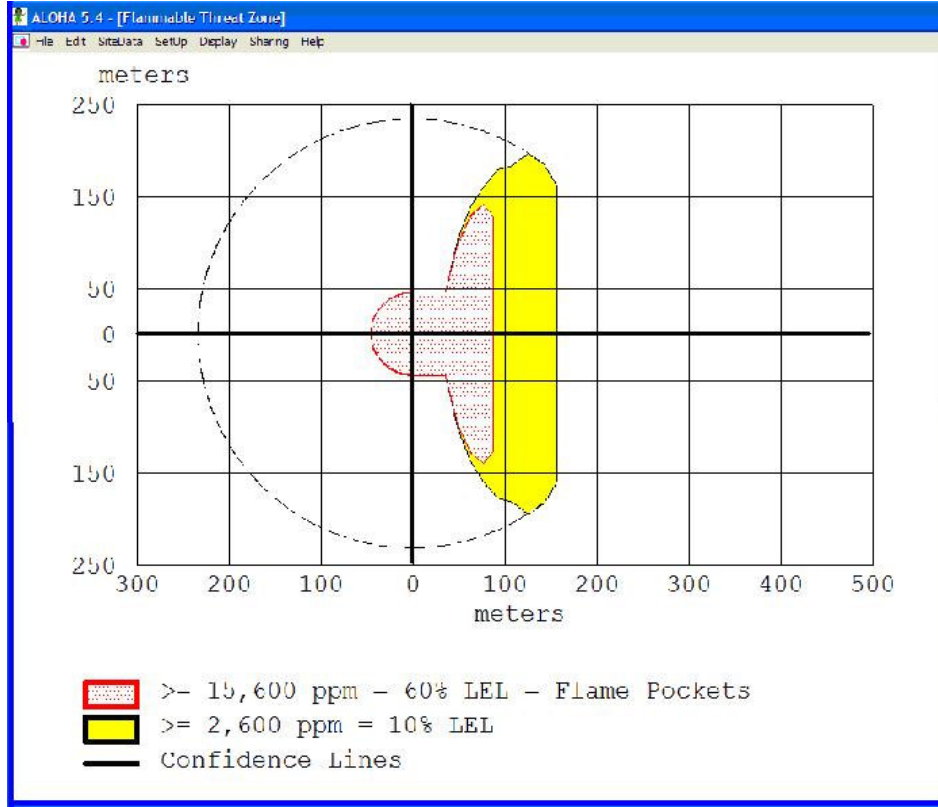
Kimyasalın 6 kg/s ile ortama karıştığı bir senaryoya göre (Şekil 121), yaklaşık 500 metre çapında toksik bulut oluşuyor. Bu, yerleşim alanlarının önemli bir bölümünde kimyasalın toksik etkilerinin görülebileceğini gösteriyor (Şekil 122).



Şekil 121. Buharlaşma bilgileri



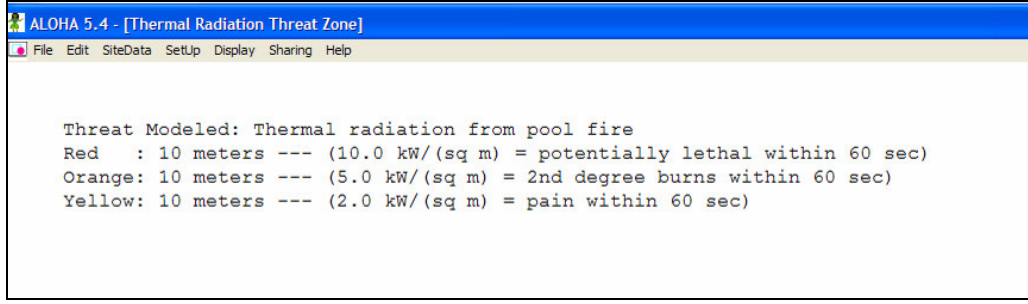
Şekil 122. Propilen glikol için toksik yayılma alanı



Şekil 123. Yanıcı etki alanı

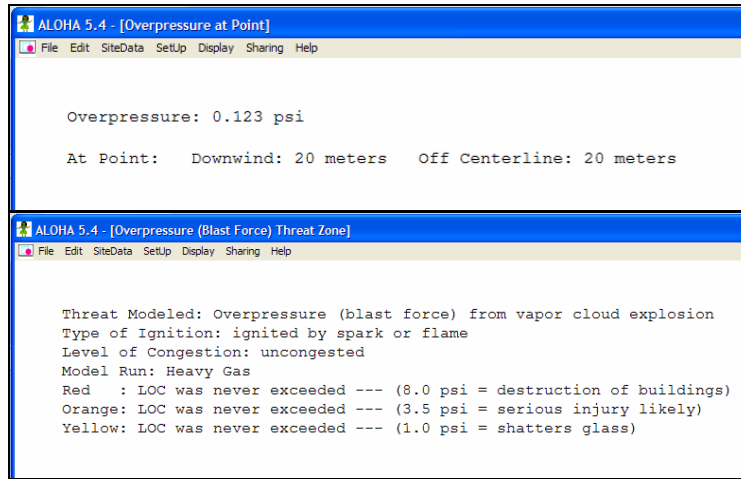
Şekil 123'te de görülebileceği gibi yanıcı kimyasal buharı doğuya doğru 150 metrelik bir mesafeye kadar, batıya doğru ise yaklaşık 40 metre kadar yayılıyor. Kuzey ve güney yayılım ise 200 metrelik bir alanda etkili. Bu, yanıcı buhar kaynaklı bir yangının organize sanayi bölgesi ve diğer tekstil endüstrisini etkileyebileceğini, ancak, propilen glikol kaynaklı yangının yerleşim yerlerini tehdit etmediğini gösteriyor.

Kimyasalın sızma anında yanmaya başlaması senaryosu değerlendirildiğinde ise, 10 metre çapında 3. derece ölümcül yanıklara, 2. derece yanıklara ve ağır yaralanmalara sebebiyet verebileceği görülüyor. 10 metre yarıçap, olası yangın etkilerinin fabrika çalışanları üzerinde görüleceğini belirtiyor (Şekil 124).



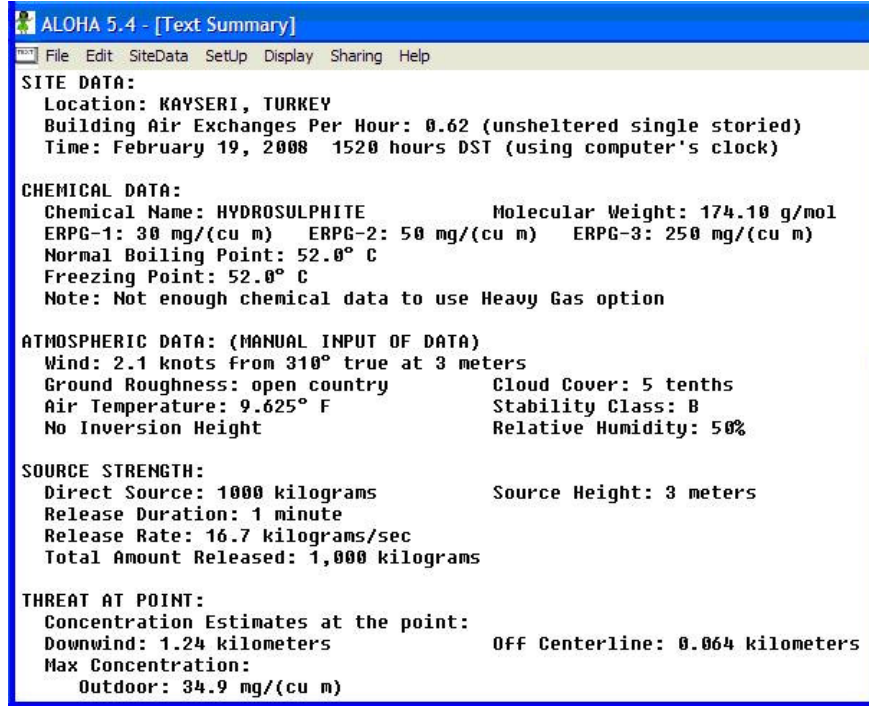
Şekil 124. Isısal radyasyonun etki alanı

Yanıcı buhar patlaması senaryosunda ise (Şekil 125), basınç 0.123 psi'e yükseliyor. Bu değer, ağır bina hasarı oluşmayacağını gösteriyor.



Şekil 125. Yanıcı buhar patlaması sonucu basınç yükselmesi

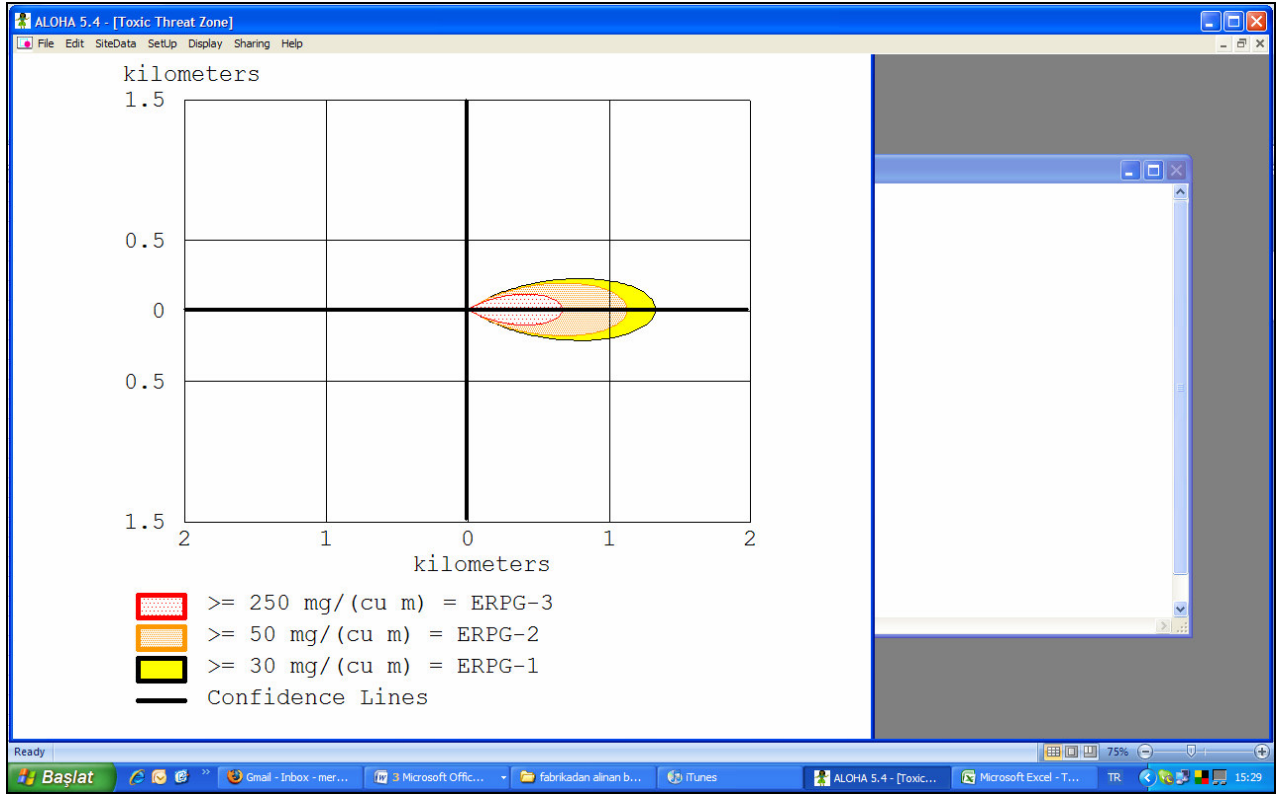
4.4.1.4. Hidrosülfid:



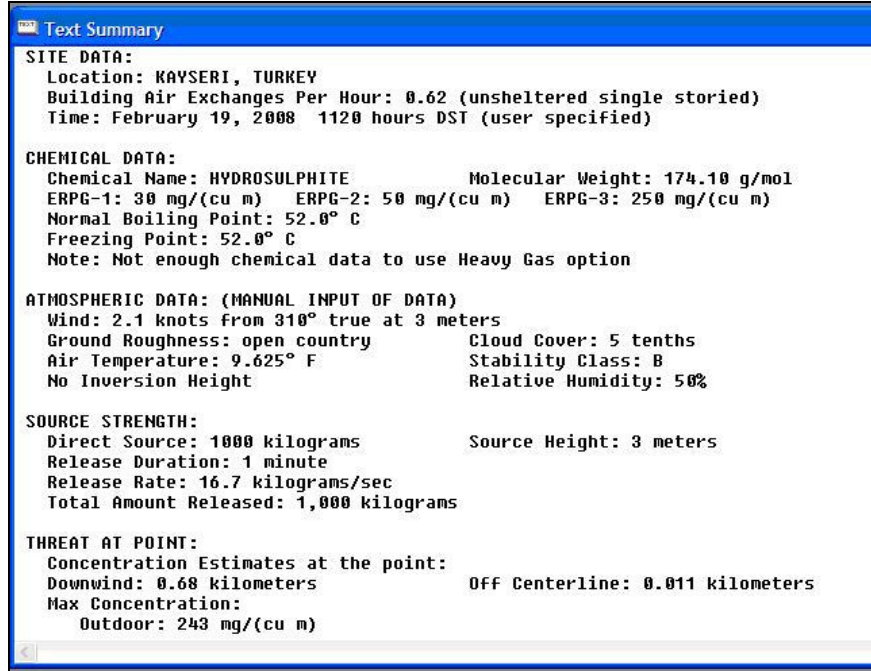
Şekil 126. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları

Saniyede 16.7 kg/s hızla ortama giren hidrosülfitin modellendiği senaryoya göre oluşacak toksik bulut Şekil 126'da yer almaktadır. Buna göre, toksik bulut 1240 metre doğuya yayılacak. 250 mg/m³ üst toksik sınır değeri doğuda 700 metrelik bir yayılma alanına sahip. Bu, toksik etkilerin yerleşim yerini büyük ölçüde etkileyeceğini gösteriyor.

Yanıcı buhar ise, 680 metrelik bir alanda etkili olabilir. Bu da hidrosülfite bağlı bir yangının yerleşim yerlerini etkileyebileceğini gösteriyor.

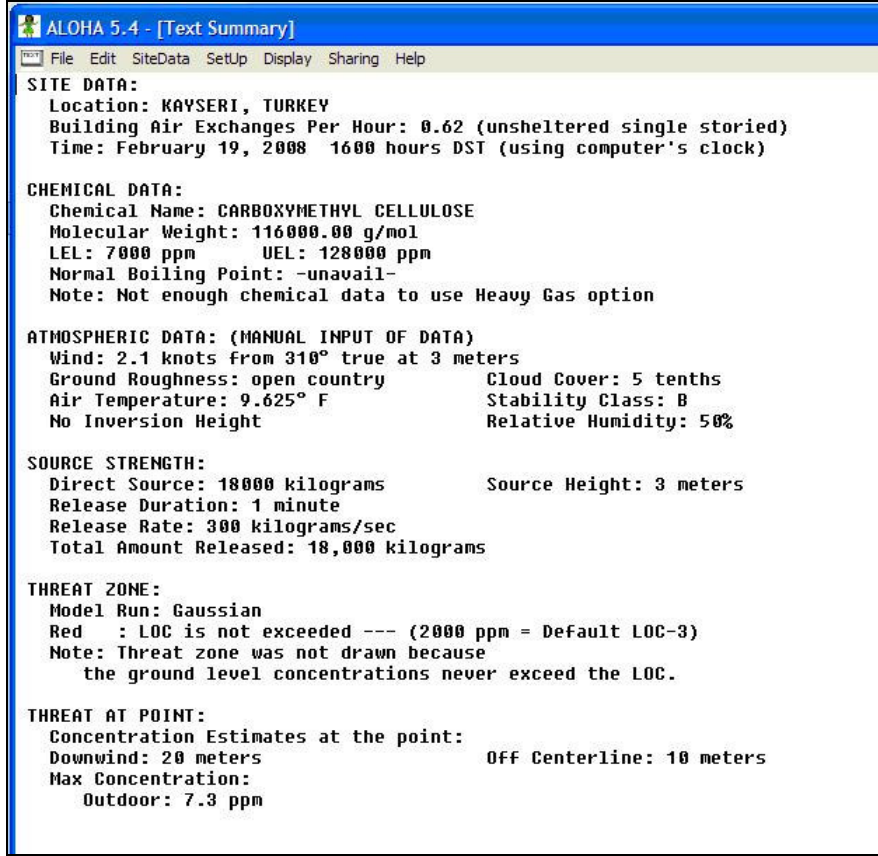


Şekil 127. Toksik bulut etki alanı



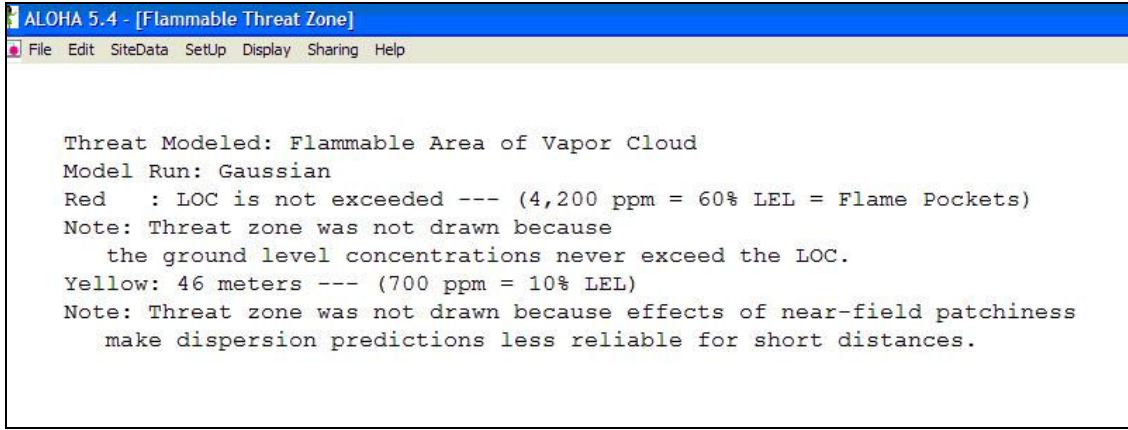
Şekil 128. Yanıcı buhar yayılma alanı model çıktıları

4.4.1.5. Carboksimetil Selüloz (CMC):



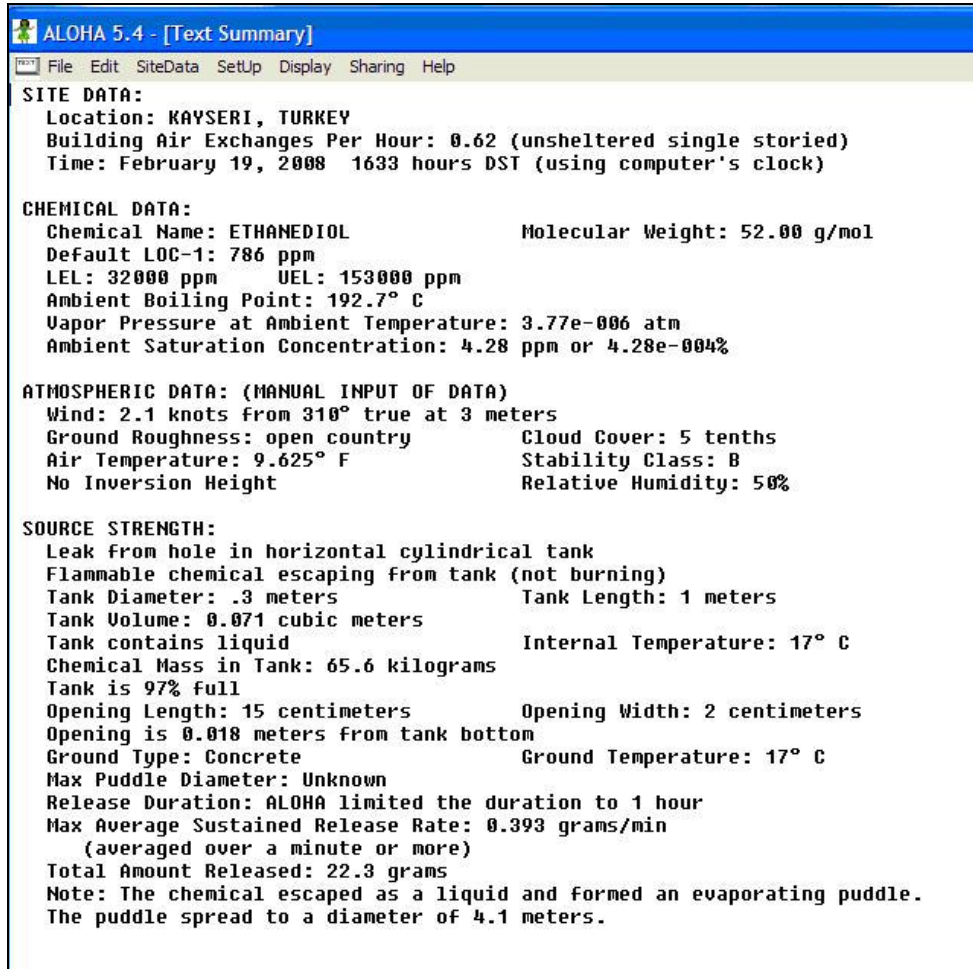
Şekil 129. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları

CMC'nin 300 kg/s hızla yayıldığı bir senaryoya göre (Şekil 129), 46 metre çapında yanıcı buhar alt limit değeri aşıldı (Şekil 130). Bu, olası yangından etraftaki tesislerin ve fabrika kampüsünün etkilenebileceğini gösteriyor. Ancak, modelleme sonuçları güvenilir olmadığından bu çıktı sadece ön bilgi olarak fikir vermesi açısından kullanılmalıdır.

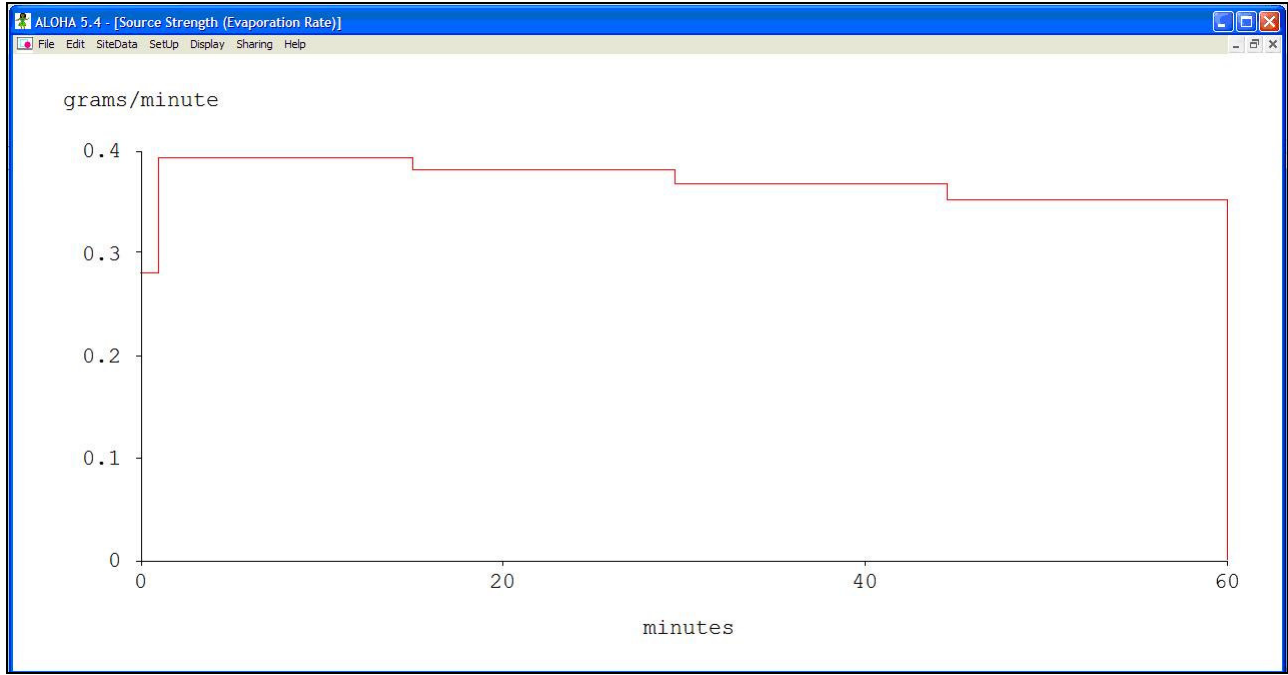


Şekil 130. Yanıcı buhar etki alanı

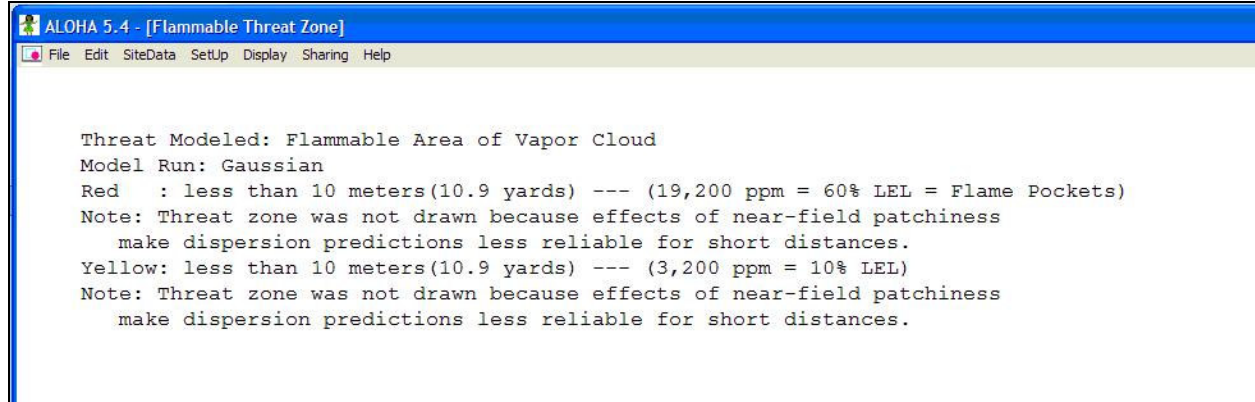
4.4.1.6. Etilen Glikol:



Şekil 131. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları



Şekil 132. Etilen glikol yayılım hızı

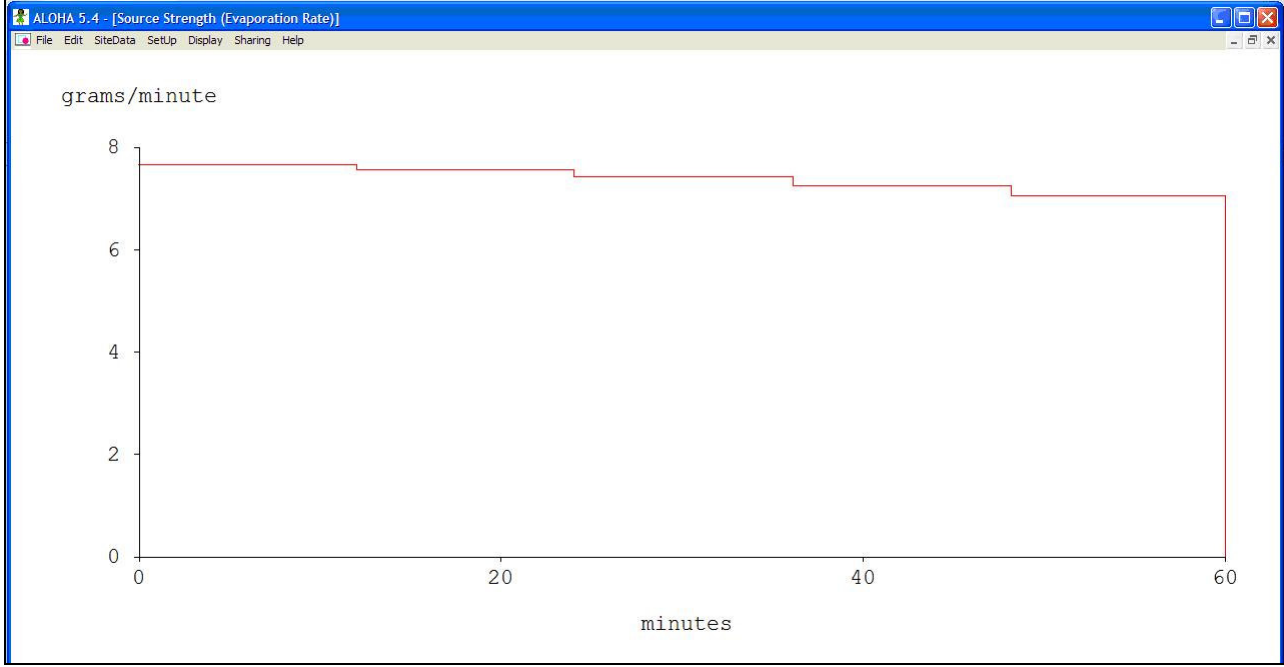


Şekil 133. Yanıcı buhar etki alanı

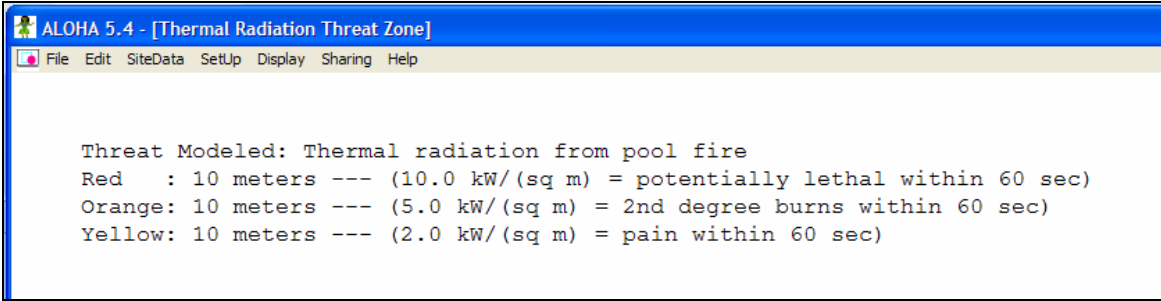
Etilen glikolün dağılım hızının Şekil 133'te görülebileceği gibi bir senaryoda, etki alanı 10 metreden azdır. Dolayısıyla oluşacak yangının fabrika içinde hasar vereceği söylenebilir. Ancak, bu kimyasal için modelleme bilgileri güvenilir olmaması nedeniyle, bu veriler ancak ön bilgi niteliğindedir ve fikir vermesi açısından kullanılabilir.

Kimyasalın bir anda ve döküldüğü anda yanmaya başladığı bir senaryoda ise yayılım hızı Şekil 134'teki gibidir. Etilen Glikol'ün yanması sonucu 10 metre çapında ölümcül, ikinci derece

yanıklar ile ağır yaralanma görülebilir (Şekil 135). Bu modelleme sonucuna göre, etilen glikolün oluşturacağı bu tip bir yangın, daha çok fabrika çalışanlarını etkileyecektir.

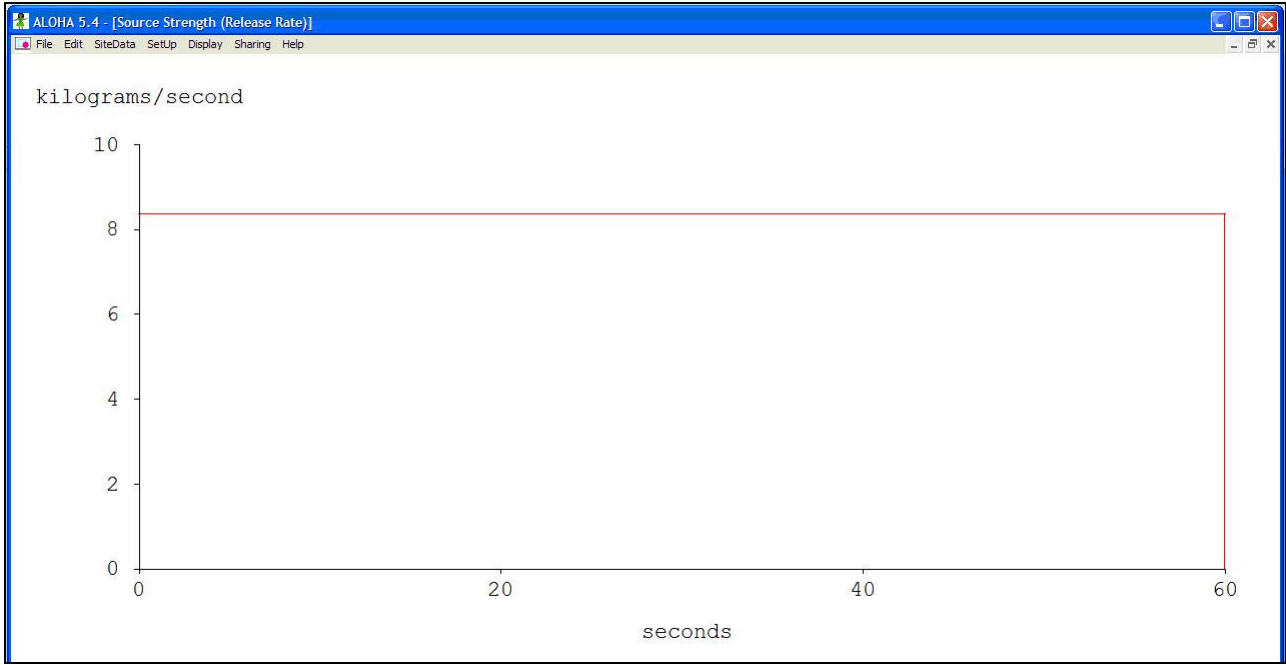


Şekil 134. Etilen glikol'ün yayılım hızı

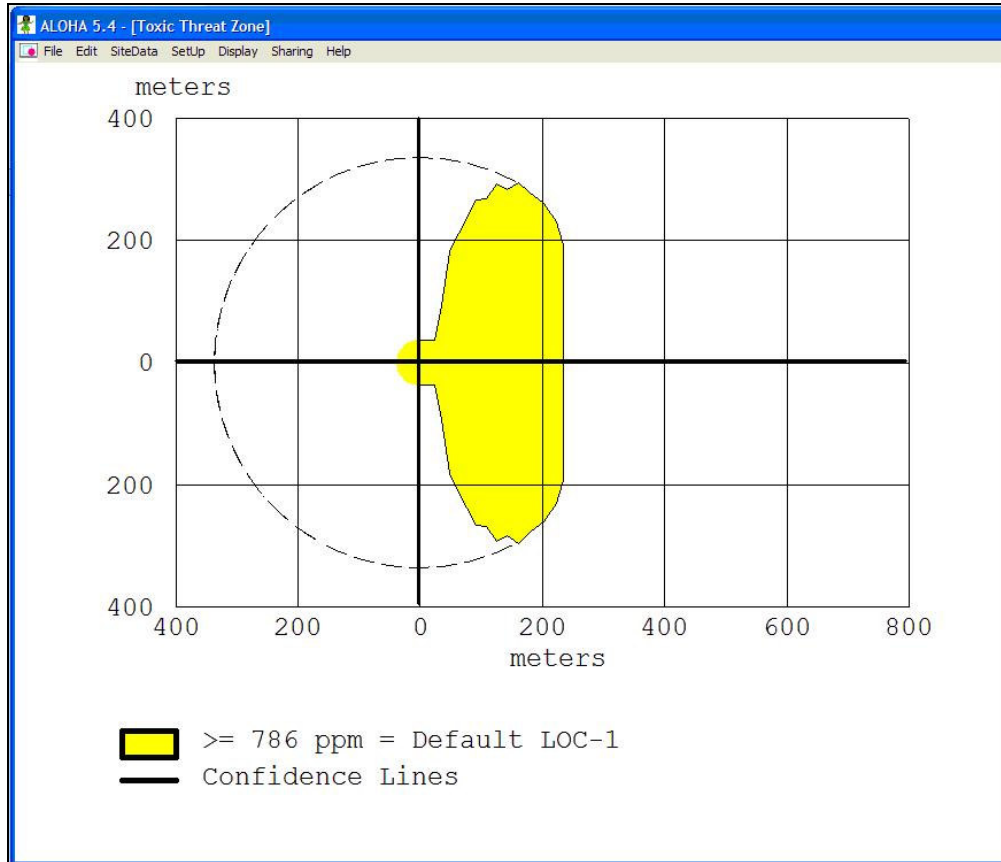


Şekil 135. Isısal radyasyonun etki alanı

Etilen glikolün tamamının direkt ortama karışması senaryosunda ise (Şekil 136), yaklaşık 220 metre doğu, kuzey ve güney yayılıma sahip toksik bulut oluşmaktadır (Şekil 137).

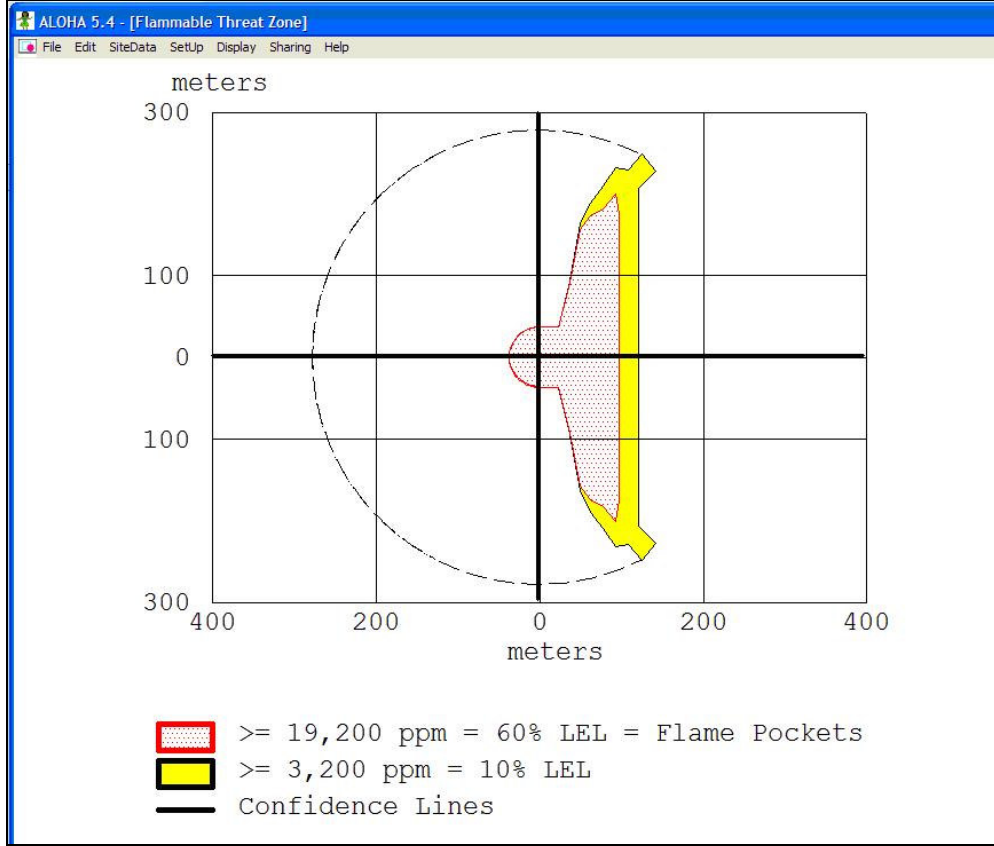


Şekil 136. Etilen Glikol'ün yayılım hızı



Şekil 137. Toksik bulut etki alanı

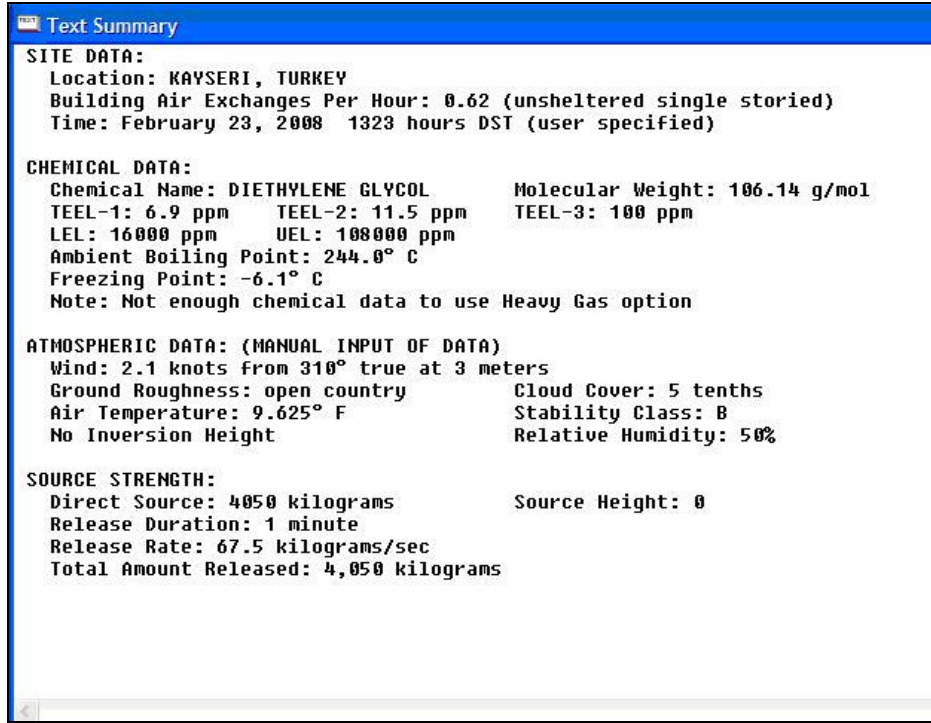
Olası toksik etki diğer tesisleri ve fabrika kampüsünü etkilemektedir (Şekil 137). Öte yandan, etilen glikol nedeniyle oluşabilecek yangının etki alanı yine aynı doğrultuda ve yine yaklaşık 200 metre uzaklıkta olacaktır (Şekil 138).



Şekil 138. Yanıcı buhar etki alanı

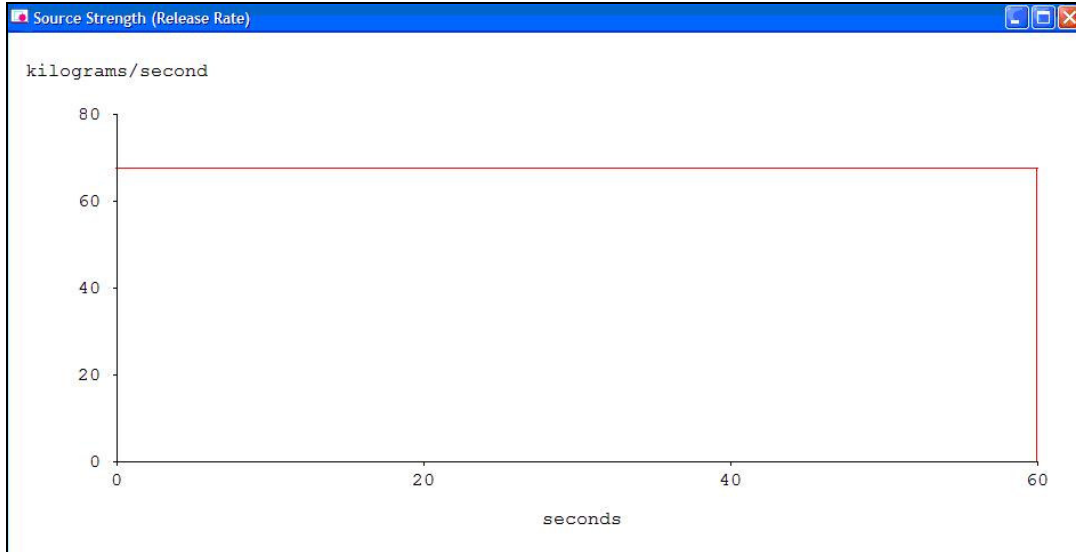
4.4.1.7. Dietilen Glikol:

Dietilen glikol yayılması ile ilgili modelleme, kimyasalın tamamının bir anda ortama karıştığı varsayılan bir senaryoya göre yapılmıştır (Şekil 139).

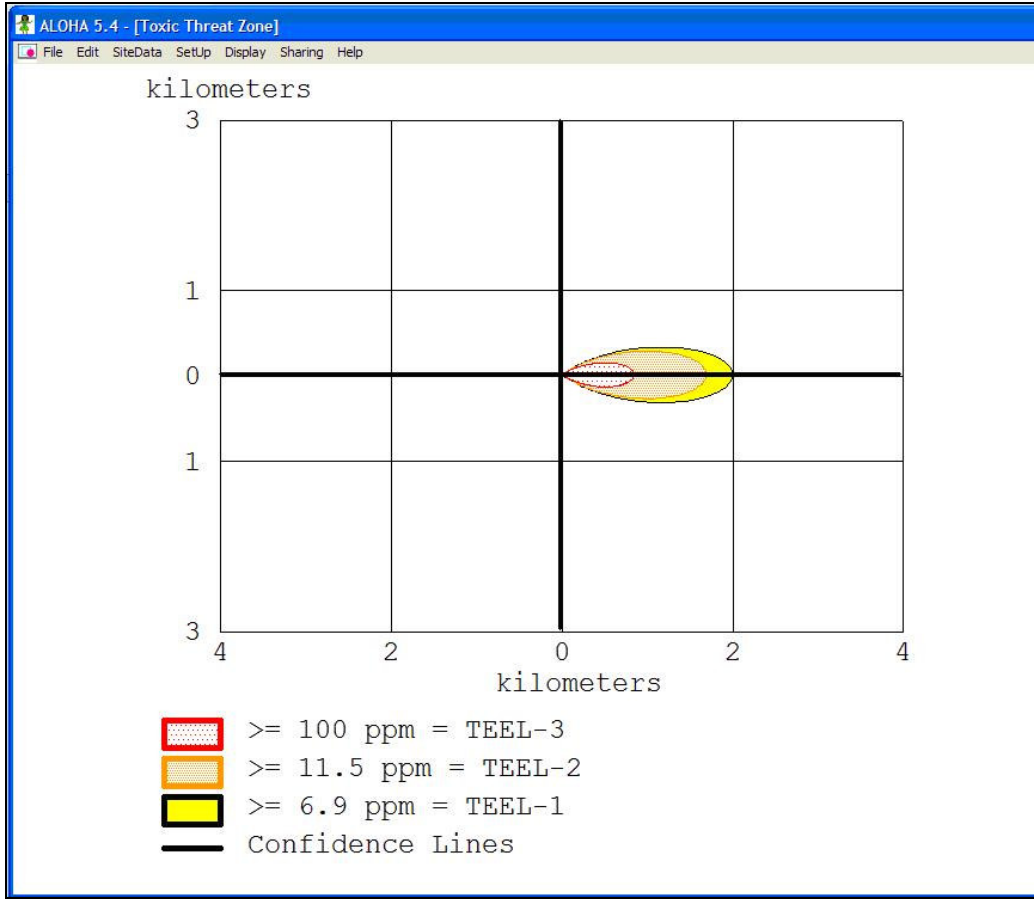


Şekil 139. ALOHA'ya girilen bilgiler ve modelleme çıktıları

Buna göre, dietilen glikol ortama 67.5 kg/s yayılım hızı ile girecektir (Şekil 140).



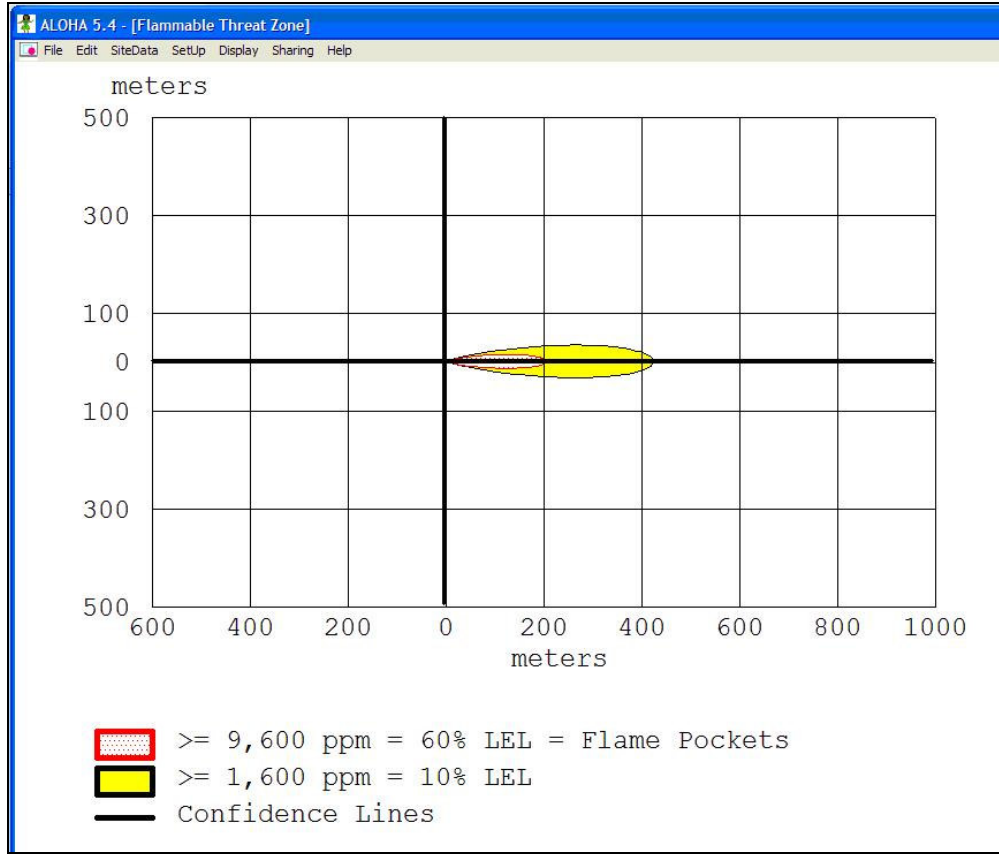
Şekil 140. Dietilen glikol yayılım hızı



Şekil 141. Toksik etki alanı

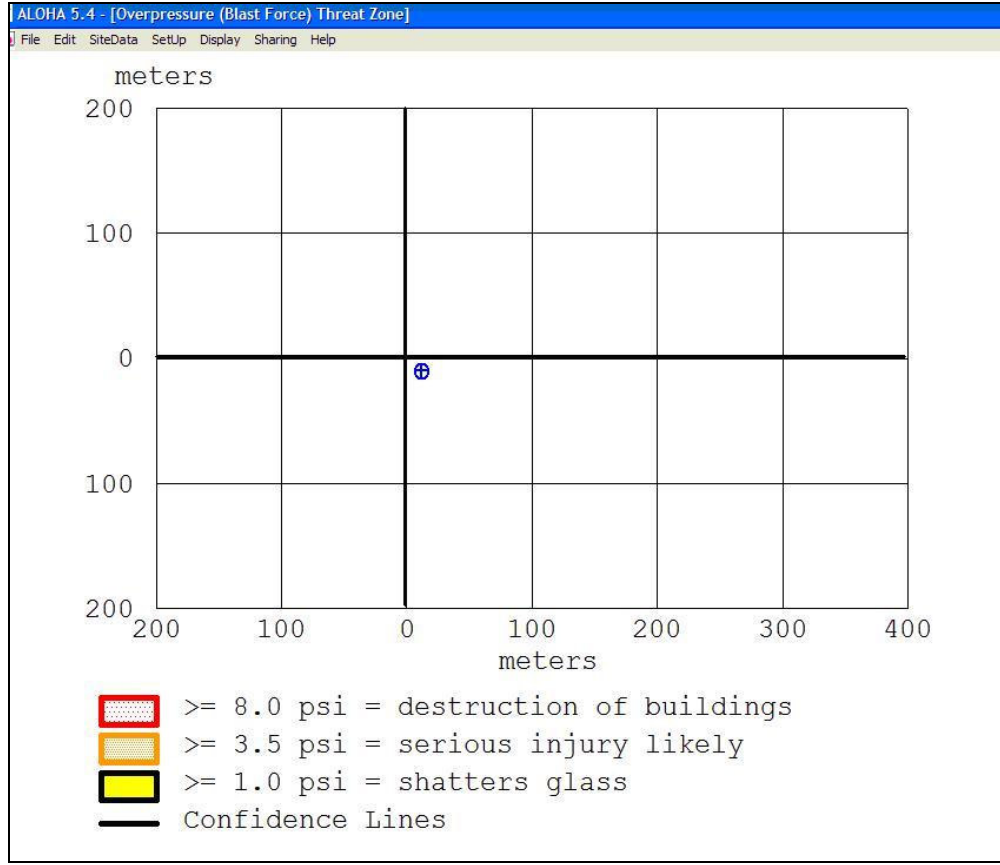
Dietilen glikolün ortama karışması sonucu oluşacak toksik alan etkisi 2000 metreye kadar ulaşmaktadır (Şekil 141). Üst sınır toksik değer doğuda 810 metre civarında görülmektedir. Bu değer, toksik etkinin fabrika kampüsü, diğer tesisler ve yerleşim yerlerinde etkili olacağını ifade etmektedir.

Yanıcı buhar etki alanı ise Şekil 142’de yer almaktadır. Buna göre, olası yangın 420 metrelik bir etki alanına sahip olmaktadır. 420 metre uzaklıkta yanıcılık alt limit etkili olurken, üst limit 200 metre uzaklıkta görülmektedir.



Şekil 142. Yanıcı buhar etki alanı

Yanıcı buhar patlaması oluşması durumunda ise, yüksek basınçtan ötürü fabrikada ağır hasar meydana gelmeyecektir (Şekil 143).



Şekil 143. Yüksek basınç etki alanı

4.5. Risk Analizi Değerlendirmesi

Yapılan çalışma ile fabrikada var olan en yüksek riskin oluşabilecek yangın ya da patlama yolu ile etraftaki endüstrilerin ya da yerleşim yerlerinin etkilenmesi olabileceği tespit edildi. Modelleme sonuçlarına göre bazı kimyasalların etraftaki yerleşim yerlerini etkileyecek boyutta bir kaza yaratabileceği belirlendi. Fabrikada uygulanan minimum stok prensipleri ve hali hazırda var olan güvenlik önlemleri nedeniyle bu riske ait frekans oldukça düşük olmasına karşılık, ortaya çıkabilecek kazanın boyutları ve şiddeti nedeniyle bu kimyasalların daha korunaklı yerlerde saklanması, çalışanların eğitim seviyelerinin artırılması, ambara havalandırma yapılması gibi öneriler fabrika yönetimine sunulmuştur. Fabrika yönetimi bu önerileri değerlendirmeye almıştır. Var olan risk seviyesinin bu önlemlerin alınmasının ardından düşmesi beklenmektedir.

5. SU VE ENERJİ KULLANIMINDA GELİLEN SON NOKTA

5.1. Su Tüketimi:

Orta Anadolu'da alınan önlemler sonrasında su tüketimindeki değişiklikleri gözlemlemek amacıyla öncelikle fabrikadaki genel su tüketimi incelenmiştir. Buna bağlamda, öncelikle fabrikada proje başlangıcı olan 2005 yılından proje bitimi olan 2007 yılı sonuna kadar toplam su tüketimi incelenmiştir. Tablo 118'den de görüleceği gibi fabrikadaki toplam su tüketimi 2005 yılında neredeyse 2.2 milyon ton iken 2007 yılında bu değer 1,744,320 ton'a düşmüştür. Aynı zamanda, üretim miktarının toplam su tüketimindeki etkisini ortadan kaldırmak amacıyla yıllık kumaş üretimleri de incelenmiştir. Tablo118'den de görüldüğü gibi toplam kumaş üretimi 2005 yılından 2007 yılına 46,5 milyon'dan 52,5 milyon'a yükselmiştir. Dolayısıyla, spesifik su tüketimi de 78 L/kg kumaş'tan 55 L/kg kumaş'a düşerek toplam spesifik su tüketiminde %29.5 azalma sağlanmıştır.

Tablo 118. Fabrikada genel su tüketimi

	Kumaş Üretimi (m)	Toplam su tüketimi (ton/yıl)	Günlük Su Tüketimi (ton/gün)	Spesifik Su Tüketimi (L/kg kumaş)
2001	37,980,379	1,993,512	5,538	86
2002	38,532,438	2,484,906	6,903	106
2003	35,700,419	2,191,956	6,089	101
2004	48,345,755	2,670,865	7,419	90
2005*	46,345,755	2,185,229	6,070	78 ± 7.0
2006	40,454,056	1,732,756	4,813	71 ± 11.7
2007	52,310,712	1,744,320	4,845	55 ± 5.4

*Proje başlangıcı

Kumaş üretimindeki artışa rağmen toplam su tüketiminin düşmesi, fabrikada su azaltmaya yönelik alınan önlemlerin etkili olduğunu göstermektedir. Ancak, daha detaylı bir inceleme yapılarak bu düşüşün alınan hangi önlemlerle sağlandığını görmek amaçlanmıştır. Bilindiği üzere,

su tüketimi, üretim şekli, işlenen hammadde, üretilen kumaş cinsi, boyama reçeteleri ve de üretilen kumaşların özelliklerine göre çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle daha detaylı bir inceleme yapmak kaçınılmazdır. Bu amaçla ilk olarak, üretim proseslerindeki su tüketimleri incelenmiştir. İlk incelemelere göre, ıslak prosesler dışındaki proseslerde yalnızca temizlik amaçlı su kullanılmaktadır. Bu sebeple ilk olarak ıslak prosesler incelenmiştir. Tablo 119'da da görüldüğü gibi ıslak proseslerden boyama ve terbiye, toplam günlük çekilen suyun neredeyse %50'sini tüketerek haşıl sürecini geride bırakmışlardır. Bu dağılımdan dolayı, boyama ve terbiye proseslerinin daha su yoğun olduğuna karar verilmiş ve bu proseslerde alınan BAT önlemlerinin toplam su tüketimine diğer bölümlerde alınan BAT önlemlerinden daha etkili olacağı düşünülmüştür.

Tablo 119. Fabrikadaki ıslak prosesler ve su tüketim miktarları

Prosesler	Islak Prosesde Yıllık Su Tüketimleri							
	2005		2006		2007		Average	
	Ton	%	Ton	%	Ton	%	Ton	%
Haşıl	45,712	2.1	51,199	2.9	67,769	3.9	55,893	2.9
Boyama	419,288	19.2	459,850	26.5	367,359	21.1	415,499	22.0
Terbiye	653,758	30	430,044	24.8	453,303	26.0	512,368	27.1
TOPLAM (ton/yıl)	2,185,229		1,732,755		1,744,320		1,887,435	
TOPLAM (ton/gün)	6,070		4,813		4,845		5,243	

Aynı zamanda, Tablo 119 incelendiğinde, boyama ve terbiye proseslerinde tüketilen su 2005 yılından 2007 yılına kadar üretilen kumaş miktarının artmasına rağmen düşüş göstermiştir. Haşıl prosesinde ise aynı durum söz konusu değildir. Bu durum açıkça gösteriyor ki, boyama ve terbiye proseslerinde alınan önlemler, bu bölümlerdeki su tüketimlerini önemli ölçüde düşürmüştür.

5.1.1. Boyama

Bu kapsamda, ilk olarak boyama prosesinde su tüketimi incelenmiştir. Boyama prosesi, tekstil endüstrisinde en çok su tüketen proseslerden birisidir. Boyama prosesi birçok adımdan oluşmaktadır. Boyama prosesi kapsamında en yoğun su tüketimi yıkama işlemlerinde gerçekleşmektedir. Orta Anadolu'da boyama prosesinde hem yumuşak hem sert su kullanılmaktadır. Temmuz 2006'dan önce yıkamalarda sert su kullanılırken, kompresör soğutma sularının fabrika içerisine geri döndürülmesiyle birlikte yumuşak su kullanımına geçilmiştir. Bu tarihten itibaren boyama bölümünde sert su yalnızca temizlik amaçlı kullanılmıştır.

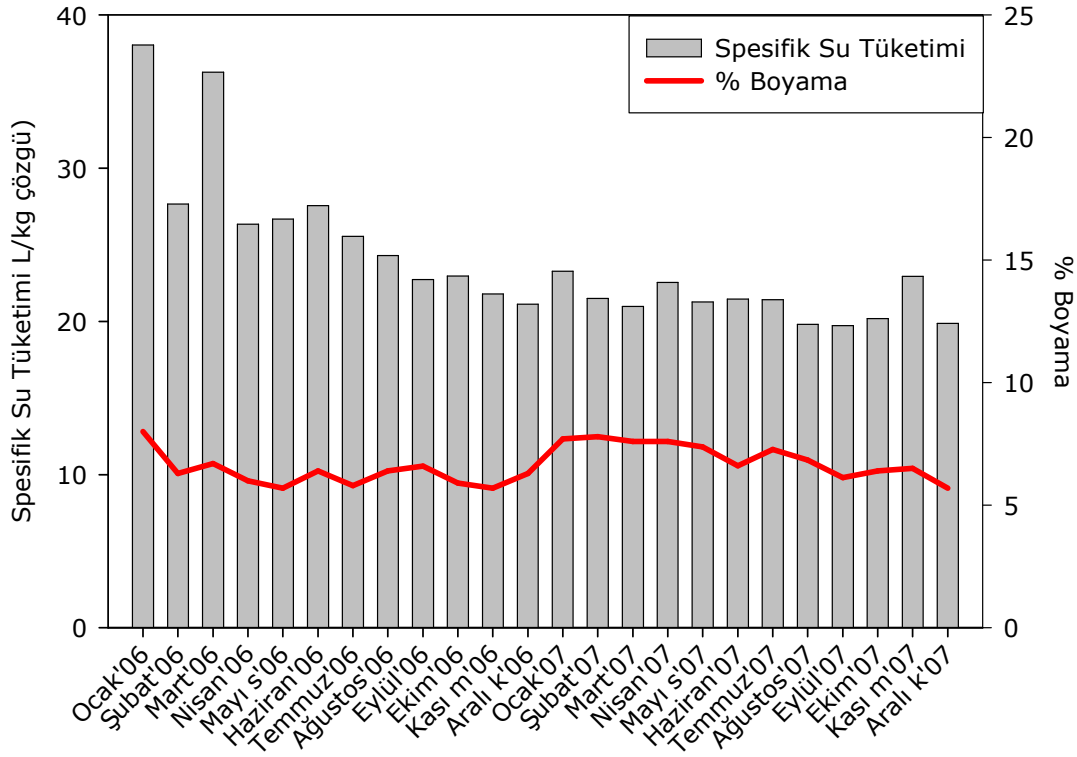
Boyama prosesinde su tüketimini incelemek için öncelikle proseste kullanılan toplam su miktarı ve boyanan iplik miktarları aylık bazda incelenmiştir. Tablo 120'den de görüldüğü gibi 2006 yılında aylık ortalama 1.2 milyon kg çözgü boyanırken, 2007 yılında 1.5 milyon kg çözgü boyanmıştır. Bunun yanı sıra, toplam su tüketimi 32,000 tondan 31,000 tona düşmüştür. Tablo 120'de dikkati çeken diğer bir husus ise yüzde boyama değerinin 2006 yılından 2007 yılına artış göstermesidir. Yüzde boyama değerinin artışı daha koyu renkte boyamaların yapıldığının göstergesidir. Bu değer artması ile daha koyu renkler boyanacağı için daha fazla su kullanımı beklenirken, toplam su tüketiminde düşüş gözlemlenmiştir. Böylelikle, spesifik su tüketimi 27 L/kg çözgü'den 21 L/kg çözgü'ye düşerek, boyama prosesinin su tüketiminde %22'lik bir düşüş sağlanmıştır.

Tablo 120. Boyama prosesinde su tüketimi

	Boyanan Çözgü (kg)	Toplam Su Tüketimi (ton/ay)	Spesifik Su Tüketimi (L/kg çözgü)	% Boyama
2006	1,218,830	31,942	27 ± 5.4	6.3
2007	1,446,598	30,767	21 ± 1.2	7.0

Şekil 144, boyama prosesinde su tüketiminin farklı bir gösterimidir. Şekilden de görüldüğü gibi, boyama prosesinin spesifik su tüketimi 2006 yılı başlarında önemli ölçüde düşmüştür. Bunun yanında 2006 yılının sonuna kadar bu düşüş devam etmiş ve 2007 yılında 2006 yılına göre çok

daha tutarlı su tüketimi gözlemlenmiştir. Şekil 144'ten de görüldüğü gibi boyama prosesinde alınan BAT önlemleri (debimetrelerin takılması, ters yıkama prensibinin uygulanması) spesifik su tüketiminde etkili olmuştur. Ayrıca, laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirilmiş olan yıkama atıksularının geri kazanımına yönelik çalışmaların fabrika ölçeğinde hayata geçirilmesi ile su tüketiminin daha da düşmesi beklenmektedir.



Şekil 144. Boyama prosesinde spesifik su tüketimi

5.1.2. Terbiye

Tekstil endüstrisinde terbiye prosesi de suyun yoğun olarak kullanıldığı ıslak prosesler arasındadır. Orta Anadolu'da da toplam tüketilen suyun neredeyse %30'u terbiye prosesinde kullanılmaktadır. Terbiye bölümünde kumaşa nihai özelliklerini vermek amacıyla yapılan işlemler farklı makinelerde uygulanmaktadır. Terbiye bölümünde bu amaçla ıslak proseslerin uygulandığı toplamda 8 adet makine bulunmaktadır. Her makine her kumaşın terbiye işlemi için kullanılmadığından, her makineden geçen kumaş miktarı da farklıdır. Tablo 121'de de

görülebileceği gibi en çok kumaşın geçtiği makineler sırasıyla 1.7, 1.6 ve 1.5 milyon metre kumaş ile, M1, M6 ve M7 makineleridir. Aynı durum, su tüketiminde de görülmektedir. Tablo 122'den de görüldüğü gibi M6 ve M7 makineleri terbiye bölümünde tüketilen toplam suyun neredeyse %45'ini tüketmektedir.

Tablo 121. Terbiye prosesinde aylık işlenen kumaş miktarları

	İşlenen Kumaş Miktarı (metre/ay)				
	2005	2006	2007	Ortalama	%
M1	1,702,378	1,296,159	2,107,790	1,702,109	20.11
M2	240,093	499,434	462,840	400,789	4.74
M3	99,673	339,975	527,537	322,395	3.81
M4	483,542	407,612	1,224,894	705,349	8.34
M5	955,198	956,492	1,075,931	995,874	11.77
M6	1,491,853	1,645,854	1,726,757	1,621,488	19.16
M7	1,370,550	1,297,740	1,868,365	1,512,218	17.87
M8	1,194,353	1,149,038	1,261,647	1,201,680	14.20
TOPLAM	7,537,640	7,592,304	10,255,762	8,461,902	

Tablo 122. Terbiye prosesinde aylık tüketilen su miktarları

	Tüketilen Su Miktarı (ton/ay)			
	2006	2007	Ortalama	%
M1	4,712	4,946	4,829	13.5
M2	1,874	2,315	2,095	5.8
M3	1,544	2,737	2,141	5.9
M4	2,893	7,257	5,075	14.1
M5	3,792	2,764	3,278	9.1
M6	10,017	9,318	9,668	26.9
M7	5,442	6,267	5,855	16.3
M8	3,772	2,138	2,955	8.2
TOPLAM	34,047	37,742	35,896	

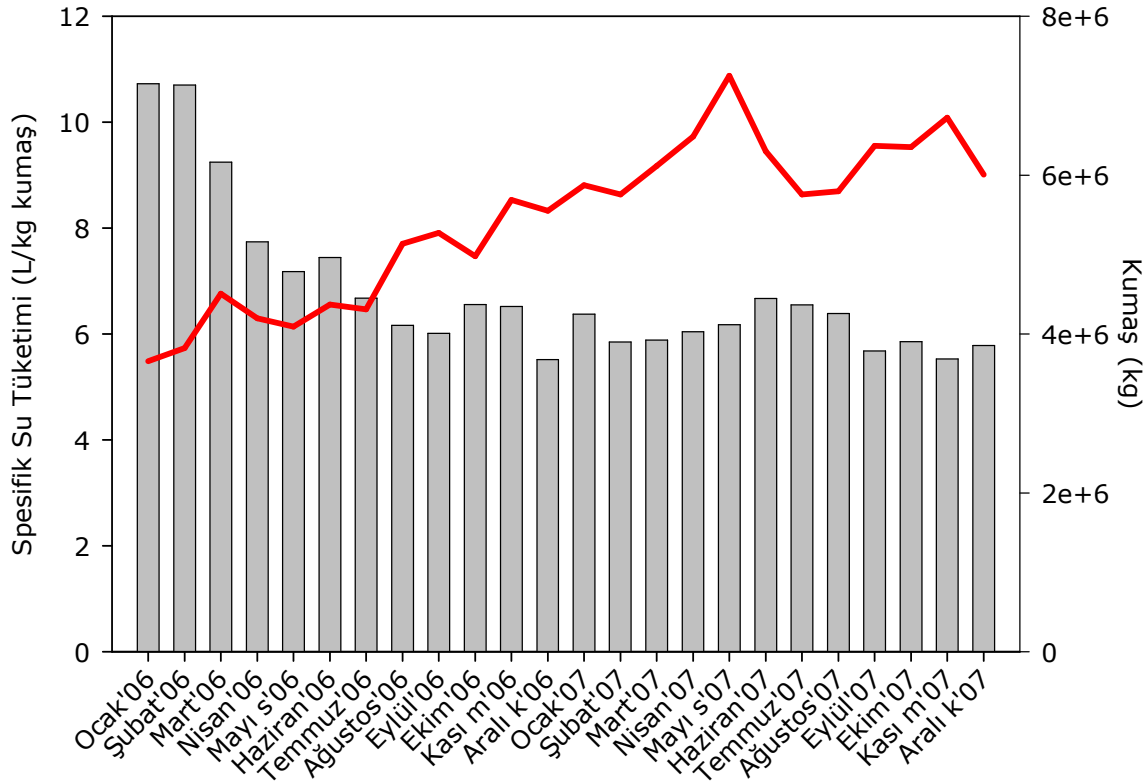
Tablo 121 ve 122'den de görüldüğü gibi, suyun en çok tüketildiği ve kumaşın en çok üretildiği makinalar M6 ve M7 makineleridir. Dolayısıyla, bu iki makinede alınan BAT önlemlerinin etkilerinin terbiye prosesinde toplam su tüketimini önemli ölçüde düşürmesi beklenmektedir.

Tablo 123. Terbiye prosesindeki makinalarda spesifik su tüketimleri ve 2006-2007 dönemindeki değişimler

Makina	Yıl	Kumaş (kg/ay)	Su Tüketimi (ton/ay)	Spesifik Su Tüketimi (L/kg kumaş)	% değişim
M1	2006	790,657	4,712	6.26	-38.2
	2007	1,285,751	4,946	3.87	
M2	2006	304,655	1,593	6.43	+26.7
	2007	282,333	2,315	8.15	
M3	2006	207,385	1,544	10.02	-5.7
	2007	321,798	2,737	9.45	
M4	2006	248,643	2,696	14.66	-34.0
	2007	747,185	7,257	9.68	
M5	2006	583,460	3,792	6.53	-35.5
	2007	656,318	2,764	4.21	
M6	2006	1,003,971	10,017	10.26	-13.7
	2007	1,053,321	9,318	8.85	
M7	2006	791,621	5,442	7.00	-21.1
	2007	1,139,703	6,267	5.52	
M8	2006	700,913	3,772	5.40	-48.9
	2007	769,605	2,138	2.76	
TOPLAM	2006	2,056,414	34,047	16.87 ± 3.6	-15.8
	2007	2,659,128	37,742	14.20 ± 0.8	

Terbiye prosesinde genel su tüketimi Tablo 123'ten de görüldüğü gibi 2006 yılından 2007 yılına %15.8 azalmıştır. Tablo 123 aynı zamanda terbiye prosesindeki makinelerin spesifik su tüketim

değerlerini de göstermektedir. Görüldüğü gibi M2 dışındaki bütün makinalarda spesifik su tüketiminde düşüşler görülmüştür. Ancak, en çok su tüketen M6 ve M7 makinalarındaki spesifik su tüketimi değerlerinin düşüşü terbiye prosesinin genel su tüketimini diğer makinalardaki düşüşlerden daha fazla etkilemektedir. Bu anlamda M2 spesifik su tüketimi değerinin yükselmesi, genel terbiye prosesinin spesifik su tüketimindeki düşüşü çok fazla etkilemediği düşünülmektedir. Terbiye prosesinin spesifik su tüketimindeki %15.8 lik düşüş de bu düşüncüyü desteklemektedir. Şekil 145, terbiye prosesinin spesifik su tüketiminin aylık dağılımını göstermektedir.

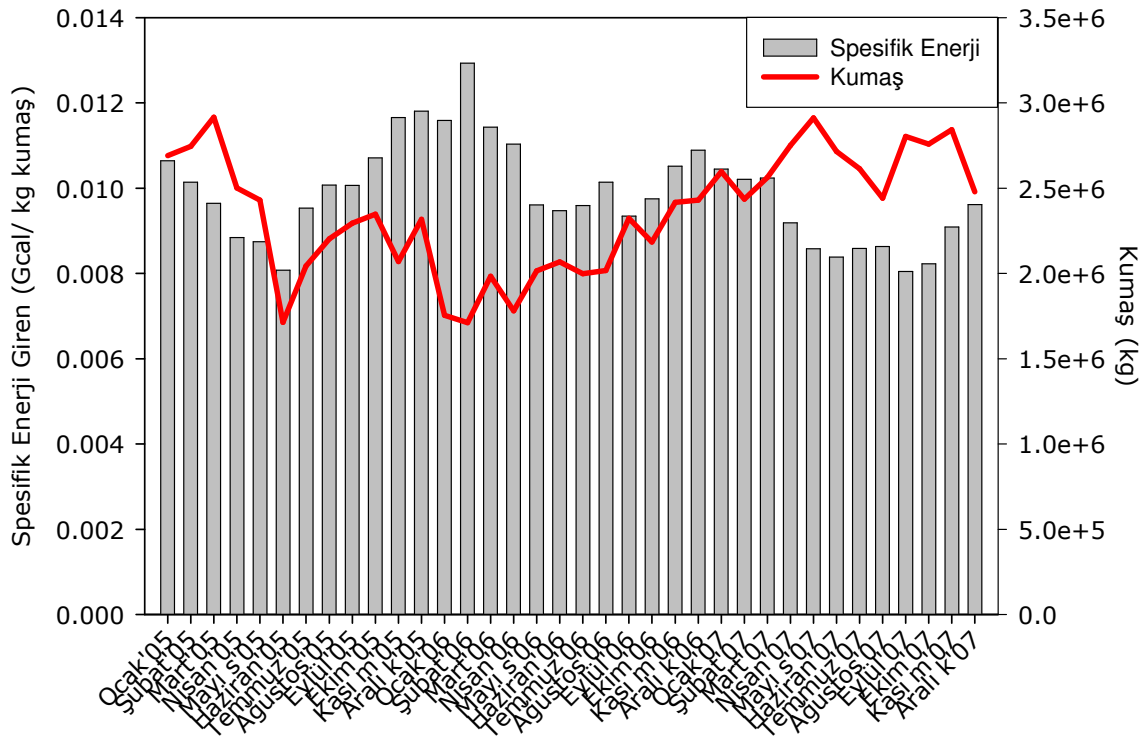


Şekil 145. Terbiye prosesinde su tüketimi ve kumaş üretimi

Şekil 145'ten de görüldüğü gibi terbiye prosesinde spesifik su tüketimi 2006 yılının ilk aylarından itibaren düşüş göstermektedir. Bu düşüş 2006 yılının sonlarına kadar devam etmiş ve 2007 yılında 2006 yılına göre daha düzenli ve daha düşük spesifik su tüketimi değerleri gözlemlenmiştir. Makina bazında su tüketimi değerleri şekillerle Ek 6'da verilmiştir.

5.2. Enerji Tüketimi

Daha önceden de belirtildiği gibi Orta Anadolu'da en çok tüketilen enerji türleri doğalgaz ve elektriktir. Doğalgaz kojenerasyon ünitesi ve kazanlarda tüketilip elektrik ve buhar enerjisi eldesi için kullanılırken, elektrik enerjisi opsiyonel olarak fabrikaya girmektedir. Tablo 124'ten de görüldüğü gibi doğal gaz %98.1'lik pay ile fabrikaya giren elektrik enerjisinden çok daha fazladır. Tablo124, aynı zamanda aylık ortalama doğal gaz ve elektrik tüketimlerini, kumaş üretimini ve spesifik enerji tüketimi değerlerini göstermektedir. Görüldüğü gibi, genel enerji tüketimi 786 Gcal/gün'den 804 Gcal/gün'e yükselmesine rağmen, spesifik enerji tüketimi 10 Mcal/kg kumaş'tan 9.1 Mcal/kg kumaş'a düşmüştür.



Şekil 146. Fabrikaya giren aylık spesifik enerji ve kumaş üretimleri değerleri

Şekil 146, fabrikaya giren enerjinin farklı bir gösterimidir. Görüldüğü gibi, spesifik enerji değerleri dönem dönem farklılıklar göstermektedir. Ancak, Şekil 146, üç aşamalı bir düşüşü göstermektedir. Genel spesifik enerji tüketiminde ilk önemli düşüş 2005 yılının ortalarında

gözlemlenmiştir. Ancak, aynı dönemde kumaş üretiminin de düştüğü görülmüştür. Aynı zamanda, bu düşüş proje kapsamı dışında kaldığı için bu düşüşün sebepleri araştırılmamıştır. 2006 yılının ilk aylarında da spesifik enerji tüketiminde bir düşüş gözlemlenmiştir. Üretilen kumaş miktarının aynı dönemde yükselmesi, enerjinin daha verimli kullanıldığını göstermektedir. Bu düşüş, alınan BAT önlemlerinin bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Ancak diğer aylarda varyasyonlar da görülmüştür. 2007 yılında da spesifik enerji tüketiminde düşüş ve üretilen kumaş miktarında yükseliş gözlemlenmiştir. Bu gözlemler de 2007 yılında enerjinin daha verimli kullanıldığını göstermektedir.

Fabrikaya giren doğalgazı elektrik ve buhar enerjisine çeviren kojenerasyon ünitesi ve kazanlar da, enerji tüketimi açısından incelenmiştir. Bu incelemeler Tablo 125 ve 126'da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi her iki ünite de kilogram kumaş başına denk gelen kayıp enerji miktarı proje sonrasında, proje öncesine göre düşüş göstermiştir. Her ne kadar kayıp enerjideki düşüş enerji verimliliğini önemli ölçüde yükseltse de, üç yılın ortalaması alınarak yapılan hesaba göre, kayıp enerji miktarı hala oldukça yüksektir. Sırasıyla, kojenerasyon ünitesindeki ve kazanlardaki kayıp enerji miktarı 3250 ve 625 Gcal/gün'dür. Yapılan hesaba göre, kayıp enerji ayda ortalama 52,000 ton suyu 15°C den 90°C'ye ısıtabilecek kadardır. Bu miktardaki su da ayda ortalama tüketilen suyun neredeyse %30'u kadardır. Yani kayıp enerji, uygun bir eşanjör sistemi ile değerlendirilebilir bir miktardır. Ancak net miktarı hesaplamak için ısı transferi sırasındaki kayıplar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Fabrika içerisinde tüketilen enerji türleri buhar, doğal gaz ve elektrik olarak belirlenmişti. Bu anlamda, yine proje öncesi ve sonrasını değerlendirmek amacıyla, fabrika içindeki spesifik enerji tüketimleri de incelenmiştir. İlk olarak, yapılan değerlendirmeye göre, Tablo 127'den de görüldüğü gibi buhar en çok tüketilen enerji türüdür. Bunun sebebi, buhar enerjisinin çoğunlukla proses banyolarını ısıtma amaçlı kullanılmasıdır. Elektrik enerjisi genel olarak aydınlatma amaçlı ve klimalarda kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin kalorifik değeri de oldukça düşüktür. Terbiye prosesinde bazı makinalarda tüketilen doğalgaz ise yine buhar enerjisine göre oldukça düşük miktarlardadır. Fabrika genelinde, buhar tüketiminin gerçekleştiği noktalara bakıldığında, Tablo 128'den de görüldüğü gibi, buhar enerjisinin neredeyse %80'i boyama ve terbiye proseslerinde tüketilmektedir. Dolayısıyla, fabrikada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı yine boyama ve

terbiye proseslerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, detaylı enerji tüketimi analizi yine boyama ve terbiye prosesleri için gerçekleştirilmiştir.

Tablo 124. Fabrikaya giren enerji türleri ve dağılımı

	Doğal Gaz		Elektrik		Toplam Enerji		Kumaş Üretimi		Spesifik Enerji
	Sm ³	Gcal	kWh	Gcal	Gcal	Gcal/gün	m	kg	Gcal/kg
2005	2,690,808	23,141	530,221	456	23,597	786	3,862,146	2,355,909	0.0100 ± 0.0011
2006	2,460,523	21,260	409,831	352	21,513	717	3,371,171	2,056,414	0.0105 ± 0.0011
2007	2,746,648	23,621	599,886	516	24,137	804	4,359,226	2,659,128	0.0091 ± 0.0008
Ortalama	2,632,660	22,641	513,313	441	23,082	755	3,864,181	2,357,150	
%		98.1		1.9					

Tablo 125. Kojenerasyon ünitesinde enerji tüketimi ve üretimi

	Doğalgaz Tüketimi		Buhar Üretimi		Elektrik Üretimi		Kumaş Üretimi		Kayıp	
	Sm ³	Gcal	Ton	Gcal	kWh	Gcal	m	kg	Gcal	Gcal/kg kumaş
2005	1,883,717	16,200	12,446	8,239	5,483,987	4,678	3,862,146	2,355,909	3,283	0.0014
2006	1,909,941	16,425	12,398	8,207	5,578,937	4,798	3,371,171	2,056,414	3,420	0.0017
2007	2,015,716	17,335	13,761	9,110	6,060,959	5,212	4,359,226	2,659,128	3,013	0.0011

Tablo 126. Kazanlarda enerji tüketimi ve üretimi

	Doğalgaz Tüketimi		Buhar Üretimi		Kumaş Üretimi		Kayıp	
	Sm ³	Gcal	Ton	Gcal	m	kg	Gcal	Gcal/kg kumaş
2005	597,778	5,141	6,601	4,370	3,862,146	2,355,909	771	0.00032
2006	388,902	3,345	4,294	2,843	3,371,171	2,056,424	502	0.00025
2007	474,317	4,079	5,238	3,467	4,359,226	4,359,226	612	0.00023

Tablo 127. Fabrikadaki enerji dağılımı

	Kumaş Üretimi	Elektrik		Buhar		Doğalgaz		Spesifik Enerji
	kg	kWh	Gcal	ton	Gcal	Sm ³	Gcal	Gcal/kg kumaş
2005	2,355,909	5,956,711	5,131	19,083	12,633	209,313	1,800	0.0083
2006	2,056,424	5,987,576	5,149	17,508	11,591	161,684	1,390	0.0088
2007	4,359,226	6,659,491	5,727	20,352	13,473	256,614	2,207	0.0081

Tablo 128. Fabrikadaki buhar tüketimi dağılımı

	2005	2006	2007	Ortalama	%
	Ton/yıl				
Pamuk Ambarı	775	865	650	763	0.35
İplik Üretimi	11,976	8,370	7,737	9,361	4.27
Haşıl	17,432	16,765	17,438	17,212	7.86
Dokuma	1,100	700	2,926	1,575	0.72
Boyama	59,780	66,607	61,294	62,560	28.56
Terbiye	128,951	106,381	104,172	113,168	51.66
Yıkama-taşlama	4,593	4,238	5,010	4,164	2.11
Diğer	4,391	6,175	18,903	9,823	4.48

5.2.1. Boyama

Boyama prosesi su yoğun bir proses olduğu için, tüketilen enerji miktarı da oldukça yüksektir. Boyama prosesinde kullanılan enerji türleri buhar ve elektrik enerjileridir. Elektrik enerjisi, boyama bölümünde bulunan 4 adet boyama makinesini çalıştırmak, aydınlatma ve klimalar için kullanılır. Aynı zamanda, halat açma makinasında da elektrik enerjisi tüketilmektedir. Buhar enerjisi ise, proses banyolarını ısıtma amaçlı kullanılmaktadır.

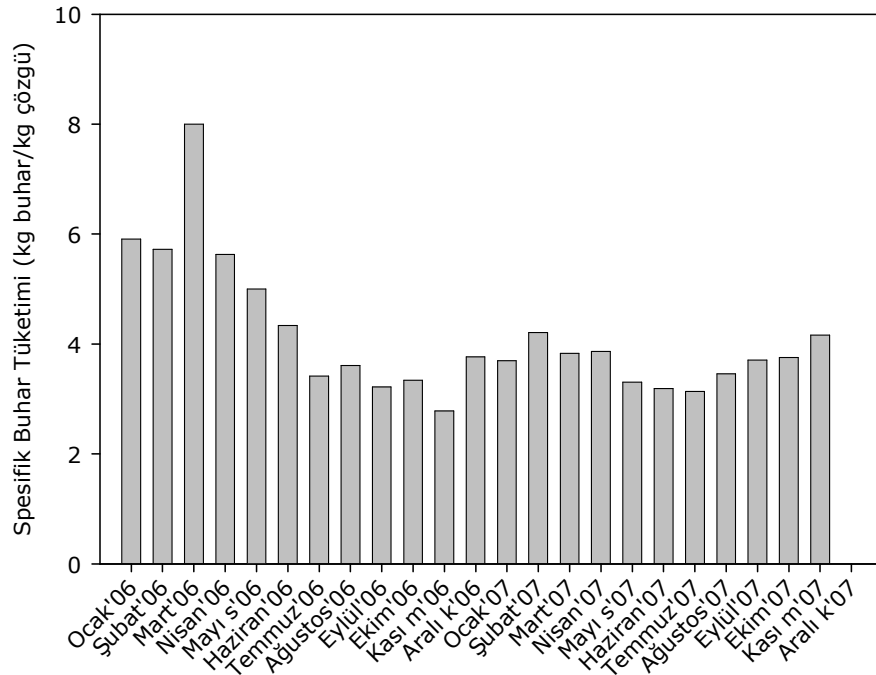
Boyama prosesinde alınan BAT önlemleri daha çok su tüketimini azaltmaya yöneliktir; ancak, su tüketimini azaltan önlemlerin, enerji tüketimini de önemli ölçüde azaltması beklenmektedir. Bu sebeple, boyama prosesindeki enerji tüketimi de Tablo 129'da incelenmiştir.

Tablo 129. Boyama prosesinde enerji tüketimi analizi

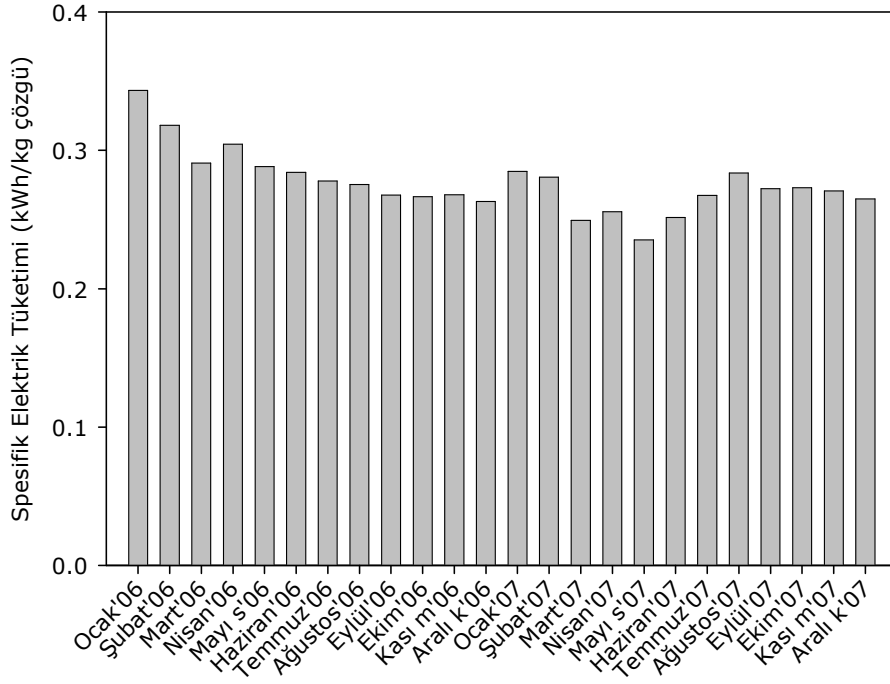
Aylık Ortalama	Boyanan Çözgü kg	Buhar		Elektrik		Toplam Enerji Gcal	Spesifik Enerji Gcal/kg çözgü
		ton	Gcal	kWh	Gcal		
2006	1,218,830	5,386	3,565	346,696	298	3,863	0.0033 ± 0.0010
2007	1,446,598	4,882	3,232	379,358	326	3,558	0.0024 ± 0.0007
% değişim	+18.5	-9.4		+9.4		-7.9	-27

Tablo 129'dan de görüldüğü gibi, boyanan çözgü miktarı 2007 yılında 2006 yılına göre %18.5 artarken, toplam tüketilen enerji miktarı %7.9 düşmektedir. Bu durum, enerjinin 2007 yılında daha verimli kullanıldığını göstermektedir. Tüketilen buhar enerjisi de yine aynı dönemde düşüş gösterirken, elektrik enerjisinin arttığı gözlemlenmiştir. Ancak, spesifik enerji tüketimi de 2006-2007 döneminde 0.0033 Gcal/kg çözgüden 0.0024 Gcal/kg çözgüye düşerek %27 azalma göstermiştir. Bu durum da alınan BAT önlemlerinin, boyama prosesinde enerji tüketimini azalttığını göstermektedir.

Boyama prosesinde tüketilen elektrik ve buhar enerjisi, boyanan kilogram kumaş başına incelendiğinde, Şekil 147 ve Şekil 148'den görüldüğü gibi spesifik buhar tüketiminin düştüğü ve spesifik elektrik enerjisinin 2006-2007 yılları boyunca aynı kaldığı görülmüştür. Spesifik buhar tüketimi 2006 yılının başlarından itibaren düşmeye başlamış ve 2007 yılında 2006 yılına göre çok daha düşük ve düzenli spesifik buhar tüketimi gözlemlenmiştir. Elektrik enerjisi genellikle aydınlatma, halat açma ve klimalar için tüketildiğinden, elektrik enerjisinin gösterilen dönem boyunca aynı kalması beklenen bir durumdur.

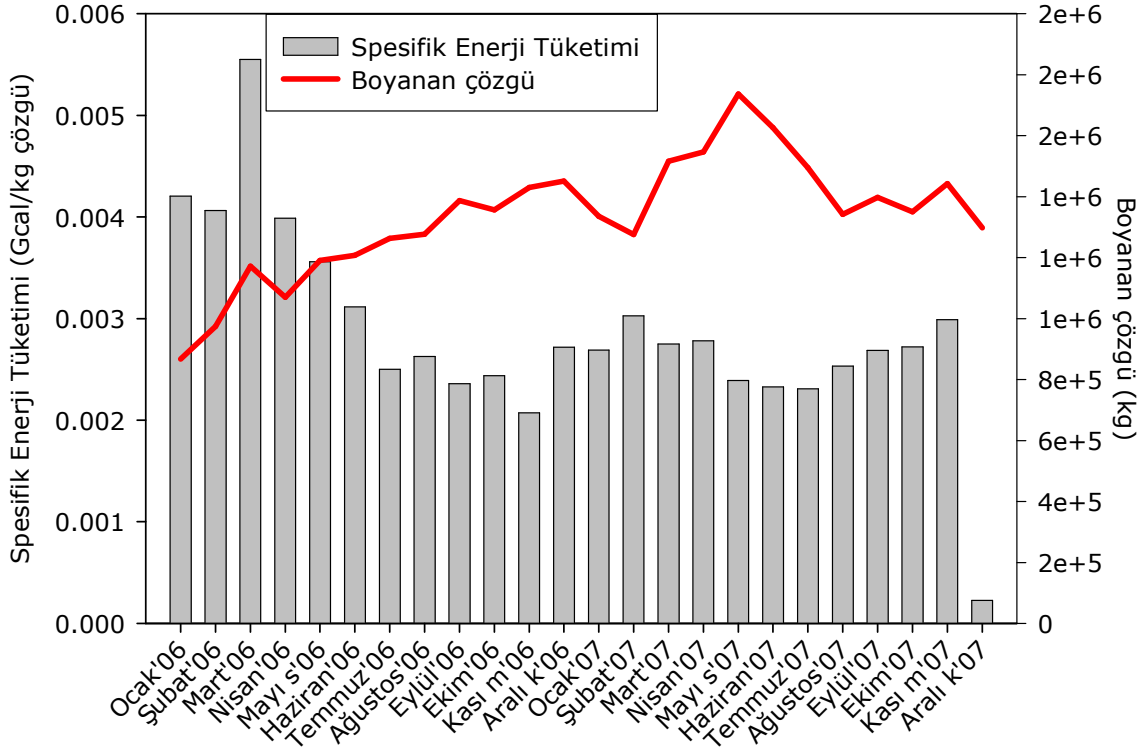


Şekil 147. Boyama prosesinde spesifik buhar tüketimi



Şekil 148. Boyama prosesinde spesifik elektrik tüketimi

Boyama prosesinin genel spesifik enerji tüketimi incelendiğinde de Şekil 149'da görüldüğü gibi, 2006 yılının ilk aylarında spesifik enerji tüketimi 2006 yılının geri kalan aylarına ve 2007 yılı ortalamasına göre oldukça yüksektir. Yine, aylık spesifik enerji tüketimleri 2007 yılında 2006 yılına göre çok daha düşük ve düzgün bir trend izlemektedir. Aynı zamanda, boyanan çözücü miktarının sürekli artması, enerjinin daha verimli kullanıldığını göstermektedir.



Şekil 149. Boyama prosesinde aylara göre spesifik enerji tüketimi

5.2.2. Terbiye

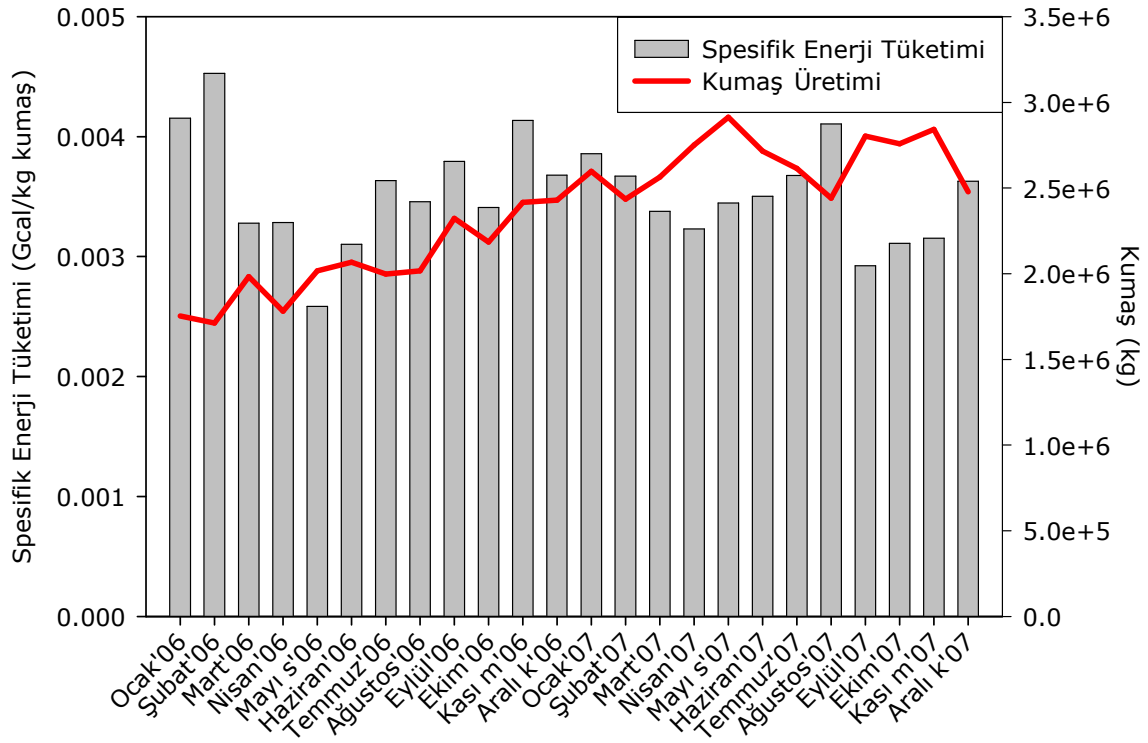
Terbiye prosesi, kumaşın son özelliklerinin farklı makinalar aracılığıyla sağlandığı bölümdür. Daha önce de belirtildiği gibi terbiye bölümündeki prosesler ıslak ve kuru prosesler olarak ikiye ayrılmıştır. Islak proseslerde sıcak su yoğun olarak tüketildiği için enerji tüketiminin de yüksek olması beklenmektedir. Ancak, terbiye bölümünde sadece ıslak proseslerde değil kuru proseslerde de enerji yoğun olarak tüketilmektedir. Bu açıdan düşünüldüğünde, ıslak proseslerin gerçekleştiği 8 makina dışında, germe işlemi de enerji tüketimi analizine dahil edilmiştir. Bu sebeplerle terbiye bölümünün enerji tüketimi incelenmiştir.

Terbiye prosesinde tüketilen enerji türleri, buhar, elektrik ve doğalgaz enerjileridir. Elektrik enerjisi, makinaları çalıştırmak ve aydınlatma için tüketilirken, buhar yine sıcak proses banyolarını ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Doğalgaz ise, bazı proseslerde (yakma, germe vs.) direkt olarak tüketilmektedir.

Tablo 130. Terbiye prosesinde enerji dağılımı

	Doğalgaz		Buhar		Elektrik		Toplam Enerji	Kumaş Üretimi	Spesifik Enerji
	Sm ³	Gcal	ton	Gcal	kWh	Gcal	Gcal	kg	Gcal/kg kumaş
2006	157,233	1,352	8,729	5,779	274,673	236	7,367	2,056,414	0.0036 ± 0.0005
2007	254,789	2,191	10,140	6,713	343,794	296	9,200	2,659,128	0.0035 ± 0.0003

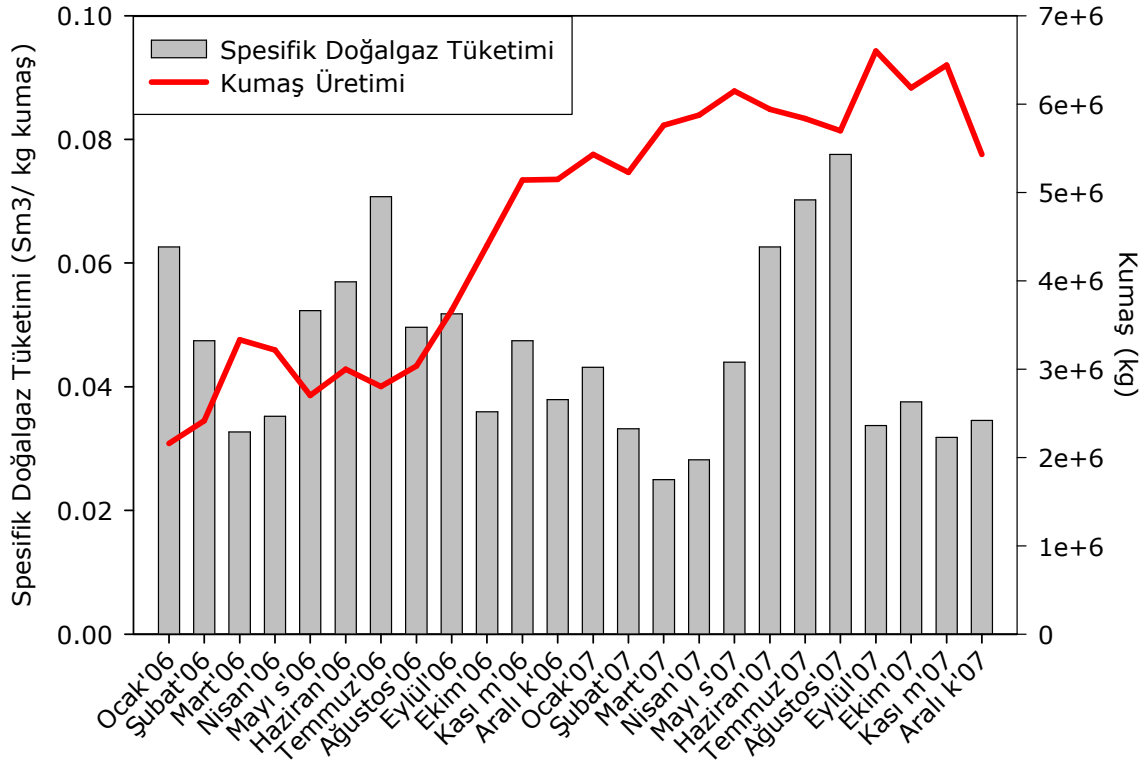
Tablo 130'dan da görüldüğü gibi, terbiye prosesinde en fazla tüketilen enerji buhar enerjisidir. Bütün enerji türlerinde ve toplam enerjide 2006-2007 döneminde yükseliş görülmüştür. Bunun yanı sıra, spesifik enerji tüketimi ise az da olsa (%2.8) düşmüştür. Şekil 150'de terbiye prosesinde aylar bazında spesifik enerji tüketimi incelenmektedir. Görüldüğü gibi spesifik enerji tüketimi oldukça değişkendir. Ancak, kumaş üretimleri de göz önünde bulundurulduğunda, 2007 yılında enerjinin 2006 yılına göre biraz daha verimli kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu noktada, buhar, elektrik ve doğalgaz enerjilerinin her makinada kullanılmadığı söylenmelidir. Söz gelimi, buhar enerjisi germe işleminde kullanılmamaktadır. Bu sebeple, terbiye prosesinde tüketilen enerji türleri tek tek de ele alınarak incelenmiştir. Bu anlamda, Tablo 131, 132 ve 133'te terbiye prosesinde doğalgaz, buhar ve elektrik enerji tüketimleri incelenmiştir.



Şekil 150. Terbiye prosesinde aylara göre spesifik enerji tüketimi

Tablo 131. Terbiye prosesinde doğalgaz tüketimi

Doğalgaz (Gcal)	2006	2007
M1	357	570
M2	84	44
M7	3	131
M4	165	263
M6	289	460
M9	454	723
TOPLAM	1,352	2,191
İşlenen Kumaş (kg)	3,415,746	5,879,244
Spesifik Doğalgaz Tüketimi	Gcal/kg kumaş	Gcal/kg kumaş
	0.0004	0.0004
	Sm³/kg kumaş	Sm³/kg kumaş
	0.0484	0.0435



Şekil 151. Terbiye prosesinde doğalgaz tüketimi

Tablo 131'de görüldüğü gibi, terbiye prosesinde doğalgaz tüketimi yalnızca 5 makinada gerçekleşmektedir ve hemen hemen her makinada doğalgaz tüketiminde yükselme gözlemlenmiştir. Bunun yanında, bu 5 makinada toplam işlenen kumaş miktarı da %70'ten fazla artış göstermiştir. Dolayısıyla, spesifik doğalgaz tüketimi 0.0484 Sm³/kg kumaş'tan 0.0435 Sm³/kg kumaş'a düşmüştür. Şekil 151'de de terbiye prosesinde aylık spesifik enerji tüketimleri görülmektedir. 2007 yılının yaz ayları dışında doğalgaz tüketimi 2006 yılına göre daha verimli bir şekilde gerçekleşmiştir.

Terbiye prosesinde tüketilen en önemli enerji türü olan buhar enerjisinin tüketimi de Tablo 132'de incelenmiştir. Görüldüğü gibi buhar enerjisi ıslak işlem yapan bütün makinalarda tüketilmektedir ve neredeyse her makinada buhar tüketimi 2006-2007 döneminde yükseliş göstermiştir. Ancak buhar ile işlenen kumaş miktarı da %33 oranında artış göstermiştir. Sonuç olarak, terbiye prosesinde spesifik buhar tüketimi 0.0019 ton/kg kumaş'tan 0.0016 ton/kg kumaş'a düşmüştür.

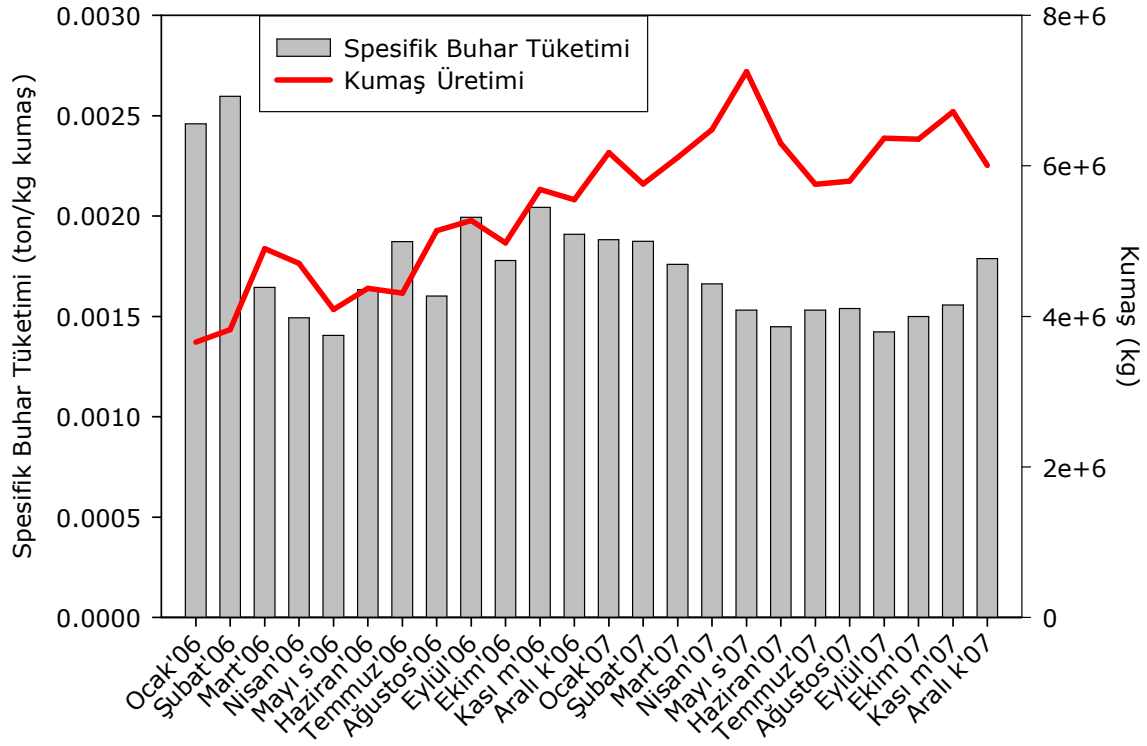
Tablo 132. Terbiye prosesinde buhar tüketimi

Buhar (Gcal)	2006	2007
M1	569	493
M2	752	959
M3	314	352
M4	612	1,066
M5	541	501
M6	1,585	1,634
M7	798	1,066
M8	608	642
TOPLAM	5,779	6,713
İşlenen Kumaş (kg)	4,706,251	6,256,014
Spesifik Buhar Tüketimi	Gcal/kg kumaş	Gcal/kg kumaş
	0.0012	0.0011
	Ton/ kg kumaş	Ton/ kg kumaş
	0.0019	0.0016

Terbiye prosesinde buhar tüketimi Şekil 152’de de görülmektedir. Spesifik buhar tüketimi 2006 yılında çok değişkenken, 2007 yılında daha az değişken bir trend göstermektedir. Aynı zamanda işlenen kumaş miktarının artması, buhar enerjisinin daha verimli kullanıldığını göstermektedir. Özellikle 2006 yılının sonunda ve 2007 yılının başında kademeli olarak bir düşüş gözlemlenmiştir.

Terbiye prosesinde tüketilen diğer enerji türü ise elektriktir. Elektrik tüketimi bütün makinalarda gerçekleşmektedir. Tablo 133 ve Şekil 153’te de görüldüğü gibi, elektrik tüketimi 2007 yılında 2006 yılına göre daha düşüktür.

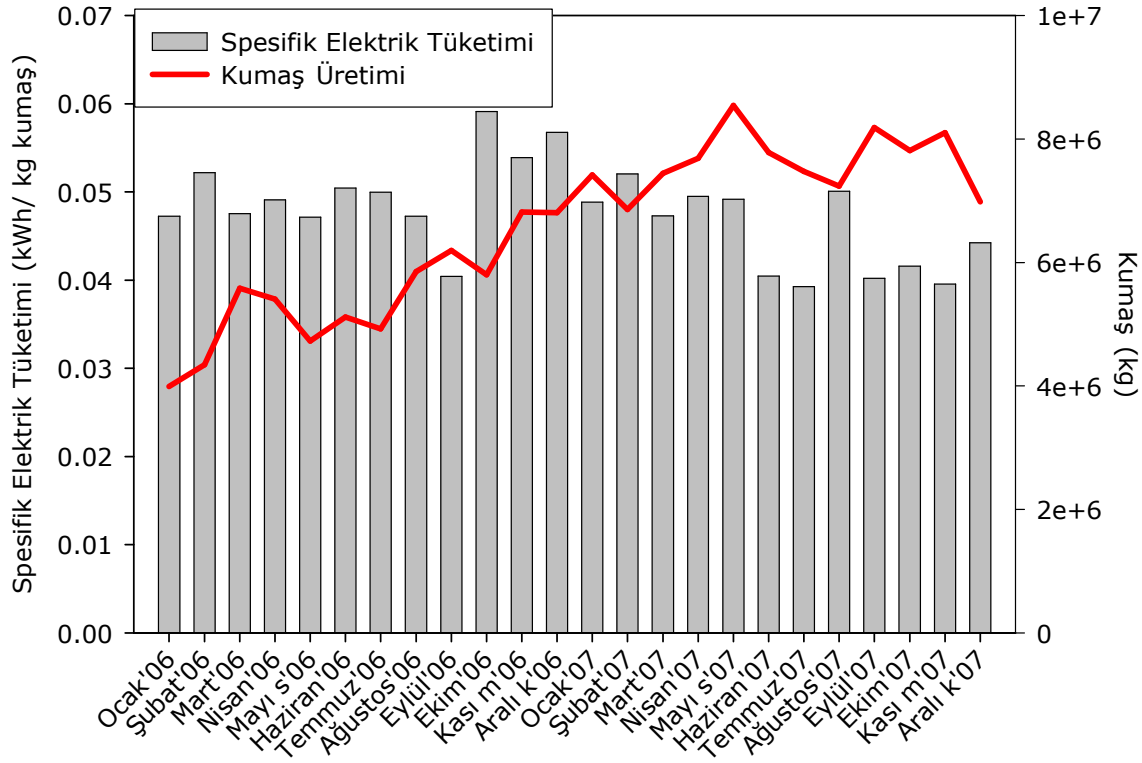
Makina bazında enerji tüketimi düzenleri şekillerle Ek 6’da verilmiştir.



Şekil 152. Terbiye prosesinde buhar tüketimi

Tablo 133. Terbiye prosesinde elektrik tüketimi

Elektrik (Gcal)	2006	2007
M1	24	29
M2	9	13
M3	14	26
M4	16	35
M5	12	11
M6	28	29
M7	24	29
M8	11	5
M9	99	119
TOPLAM	236	296
İşlenen Kumaş (kg)	5,463,143	7,626,964
Gcal/kg	4.31*10⁻⁵	3.86*10⁻⁵
Spesifik Elektrik		
Tüketimi	kWh/kg	kWh/kg
	0.0501	0.0452
	kumaş	kumaş



Şekil 153. Terbiye prosesinde elektrik tüketimi

6. FAYDA/MALİYET ANALİZİ

AB IPPC Ofisi tarafından IPPC Direktifi kapsamındaki tüm sanayi sektörleri için hazırlanmış olan BREF Dokümanlarını yatay kesen ve Temmuz 2006'da yayınlanmış olan "Economics and Cross-Media Effects" başlıklı doküman fayda/maliyet analizi ve fabrika özelinde BAT seçimi için kapsamlı bir metodoloji içermektedir.

IPPC Direktifi Madde 9.4'te de belirtildiği üzere, IPPC izinleri BAT'a dayalı olurken fabrikanın teknik özelliklerinin, coğrafi konumunun ve çevresel koşullarının da göz önünde tutulması gerekmektedir. IPPC izninin temeli olan "Emisyon Limit Değerleri (Emission Limit Values, ELV's)" fabrika özelinde BREF Dokümanı kapsamında yapılan tüm çalışmaların sonucunda fabrika yetkilileri ile izni veren otorite tarafından belirlenmektedir. Dolayısıyla, Orta Anadolu'nun IPPC izni alır hale gelebilmesi için fabrika özelinde (deşarj ortamı da göz önüne alınarak) hangi alternatiflerin Orta Anadolu için teknik ve ekonomik anlamda hayata geçirilebilir olduğunu tespiti yani hangi alternatiflerin "BAT" olduğunun tespiti gerekmektedir. IPPC Ofisi tarafından BAT'ların neler olabileceğini belirlemek adına Temmuz

2006'da yayınlanan "Economics and Cross-Media Effects" başlıklı doküman dört aşamalı bir değerlendirme sunmaktadır:

1. adım: Çevresel anlamda (emisyon değerleri, çevresel etkileri vb.) önerilen hangi teknik(ler) "**EN İYİ**" dir

2. adım: (**Fayda/maliyet analizi**) Önerilen hangi tekniğin BAT olduğunun ekonomik anlamda (her türlü gelir-gider detaylandırılarak) analizi

3. adım: 1. ve 2. adımda ortaya çıkan seçeneklerin değerlendirilmesi (çevresel kazançların neler olduğu, maliyet etkin olup olmadığı, bir tekniğin uygulanma maliyetine karşılık çevresel kazançlarının neler olduğu)

4. adım: sektörün yapısı, piyasa yapısı, sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde önerilen BAT'ların sektör için ekonomik olarak uygulanabilir olup olmadığı (belirlenen tekniğin "mevcut" oluşu) (halihazırda BAT'ın ana felsefesi olsa da herhangi bir tekniğin BAT olabilmesi için "çok pahalı" olduğu iddiasına karşılık detaylı bir analiz gerekmektedir).

6.1. Metodoloji

IPPC Ofisi tarafından Temmuz 2006'da yayınlanan "Economics and Cross-Media Effects" başlıklı dokümanda detaylıca anlatılan metodolojinin uygulanabilmesi için öncelikle fabrika kapsamında alınabilecek BAT önlemlerinin belirlenmesi ile beraber çapraz-medya etkilerinin ve bununla ilgili çelişkilerin detaylı analizi gerekmektedir. Bu aşamadan sonra önlemlerle ilgili olarak maliyet verileri toplanmalı ve doğrulanmalıdır. Ardından maliyet bileşenleri (yatırım maliyeti, işletim ve bakım maliyeti, faydalar, önlenebilir maliyetler) belirlenmelidir. Maliyet bileşenlerinin belirlenmesiyle beraber baz yıl seçilip, enflasyon, iskonto oranı ve yıllık giderler tespit edilip, bu maliyet çevresel koruma ile ilişkilendirilmelidir. Tüm bu aşamalardan sonra maliyet etkinlik (cost-effectiveness) analizi ile birlikte toplam maliyet ile çevresel faydalar arasında bir karşılaştırma yapılmalıdır.

IPPC Direktifi'nin ana felsefesi olan "Mevcut En İyi Teknikler", belirlenen BAT önlemlerinin ilgili sanayi sektörü içinde "mevcut" olmasını yani teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir olmasını öngörmektedir. Dolayısıyla fabrika kapsamında belirlenen BAT önlemlerinin ülke şartlarında ve ilgili sanayi sektöründe uygulanabilir olması önem teşkil etmektedir.

Yukarıda özetlenen metodolojinin detayları Ek 7'de sunulmaktadır. Bilindiği üzere, projenin teklifi aşamasında, Ek 7'de sunulan metodoloji çerçevesinde bir maliyet analizi çalışması önerilmemişti (bu metodoloji, AB tarafından Temmuz 2006'da yayınlanmıştır). Ancak, yine de proje kapsamında yukarıda sunulan metodolojide belirtilen maliyet verilerinin toplanmasına yönelik bir çalışma kısmen de olsa yürütülmüştür. Bu çalışmanın detayları aşağıda aktarılmaktadır. Maliyet verilerinin toplanması sırasında özellikle Türkiye'den de örnek çalışmalar kullanılmıştır. Tekstil atıklarının arıtımı için gerekli olan yatırım üretilen tekstil ile doğrudan ilişkili olduğu için elde edilen maliyet değerleri üretilen tekstil bazında (pamuklu-yünlü-sentetik vb.) sınıflandırılacaktır.

Proje süresinin sonuna gelindiğinde, ilgili sanayi kuruluşu bünyesinde belirlenen BAT önlemlerinin bir kısmı hayata geçirilebilmiş olmakla birlikte, bir kısmı geçirilememiştir. Bu durum bir ölçüde, arıtılabilirlik çalışmalarının beklenenden çok daha uzun süre almasından bir ölçüde de tesis bünyesinde yürütülmesi gereken pilot ölçekli çalışmaların tamamlanamamasından kaynaklanmıştır. Söz gelimi, kostik geri kazanımına ilişkin maliyet rakamlarının belirlenmesi, pilot ölçek uygulama gerçekleştirilmeden mümkün olamamaktadır. Benzer şekilde, boyama sularının membran filtrasyon sonrası geri kazanımı çalışmaları da henüz tekstil kuruluşu tarafından pilot ölçekte denenememiştir.

6.2. Tekstil Atıksuyu Arıtımında Kullanılan Alternatif Teknolojiler ve Maliyetleri

Tekstil endüstrisi atıksuları, gerek hacmi gerekse kimyasal kompozisyonu açısından büyük değişkenlikler gösteren ve bu duruma bağlı olarak arıtılması çok zor olan atıksulardır. Bu nedenle, bu sektöre ait olan atıksularının arıtılması için farklı arıtma yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotlar veya bu metotların çeşitli bileşimlerinden meydana gelen arıtma yöntemleri mevcuttur. Arıtma yöntemi belirlenirken, seçilmiş olan yöntemin arıtma performansının yanısıra ilk yatırım ve işletim maliyeti de büyük önem taşımaktadır.

Bu bölümde tekstil sektörü atıksuları için uygulanabilecek olan arıtma yöntemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri hakkında detaylı bilgi sunulmaktadır.

6.2.1. Aktif Çamur Prosesi

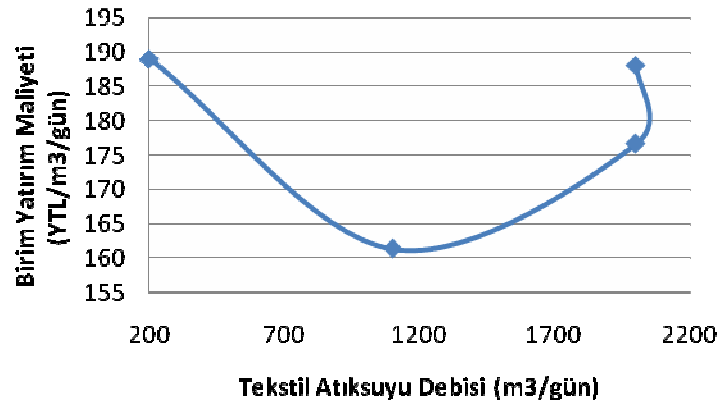
Aktif çamur prosesi, tekstil sektörü atıksuların arıtımında en çok tercih edilen konvansiyonel yöntemlerden birisidir. Diğer fiziksel ve kimyasal yöntemlere göre ilk yatırım ve işletim maliyetinin düşük olması bu prosesin tercih edilmesinde en önemli sebeptir.

Türkiye’de de tekstil atıksularının aktif çamur sistemiyle arıtılmasının birçok örneği mevcuttur. Örneğin, Uşak’ta faaliyet gösteren X tekstil firmasının atıksuları konvansiyonel aktif çamur sistemiyle arıtılmakta olup, tesisin debisi 200 m³/gün’dür. Tesiste giderilen KOİ miktarı günde 300 kg civarındadır. Böyle bir tesisinin yıllık yatırım maliyeti yaklaşık 38,000 YTL, yıllık işletme maliyeti ise 20,000 YTL’dir. Bu durumda, birim metreküp başına arıtılan tekstil atıksuyunun ilk yatırım maliyeti 190 YTL/m³ olup, işletme maliyeti günde 0.28 YTL/m³ dolaylarındadır. Tesisin giderilen kirlilik başına gereken yatırım bedeli 125 YTL/kg/gün’dür.

Kahramanmaraş’ta bulunan diğer bir Y tekstil tesisi 1,100 m³/gün’lük debiye sahipken, aktif çamur sistemine giren atıksuyun giriş KOİ konsantrasyonu 1,200 mg/L’dir. Bu tesiste uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesi uygulanmaktadır. 177,500 YTL’lik ilk yatırım maliyetine olan bu tesisin yıllık işletme gideri 195,700 YTL’dir. Bu tesis bir önceli tesise kıyasla birim arıtılmış atıksuyun ilk yatırım maliyeti açısından daha avantajlı olmasına rağmen (birim yatırım maliyeti ~ 160 YTL/m³), yaklaşık metreküp başına 0.50 YTL gibi daha yüksek bir birim işletme maliyetine sahiptir. Bir diğer önemli parametre olan giderilen KOİ başına düşen yatırım ise 150 YTL’dir.

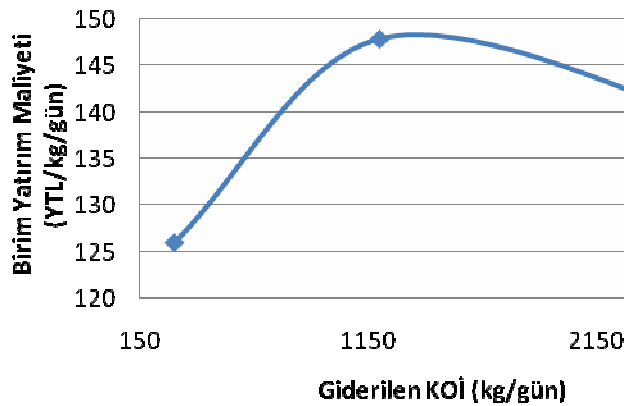
Bu örneklere ilave olarak, yine Kahramanmaraş’ta faaliyet gösteren ve diğer tesislere kıyasla daha yüksek atıksu debisi bulunan Z ve T tekstil fabrikaları, 2,000 m³/gün’lük atıksu debilerine sahiptirler. Benzer bu iki tesisin günde aktif çamur sistemiyle giderilen KOİ miktarı 2,800 kg civarlarındadır. İşletmelerin arıtma tesisi için toplam 360,000 YTL’lik ilk yatırım maliyetleri vardır ve bu tesislerin yıllık işletme giderleri yaklaşık 280,000 YTL’dir. Bu tesisler için de arıtılan tekstil atıksuyunun birim işletme maliyeti 0.40 YTL olup, giderilen kilogram kirlilik başına düşen ilk yatırım maliyetleri ise yaklaşık 135 YTL ile 140 YTL arasındadır.

Arıtma tesislerinin ilk yatırım maliyetleri; inşaat işleri maliyetleri, mekanik ekipman ve montaj maliyetleri, elektrik tesisatı gibi maliyetlerden oluşmaktadır. Görüldüğü üzere, Türkiye’de mevcut durumda faaliyet gösteren yukarıda örnekleri verilen tekstil tesisleri için, oluşan atıksu debisine bağlı olarak aktif çamur prosesi için ilk yatırım maliyetleri metreküp atıksu başına 160 YTL ile 200 YTL arasında değişim göstermektedir. Tekstil atıksuyununun oluşan debi ile bağlantılı değişim grafiği Şekil 154’te verilmiştir.



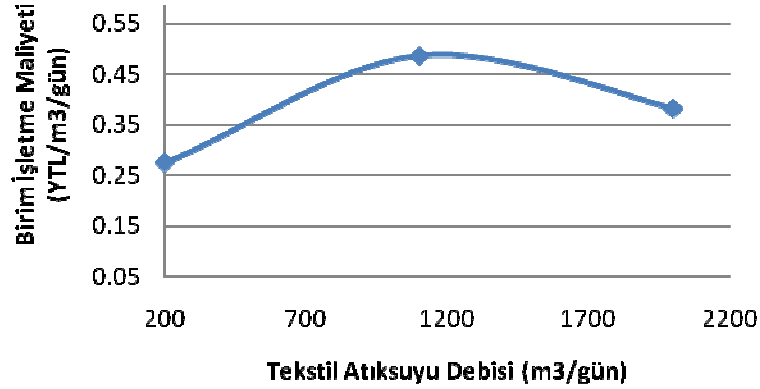
Şekil 154. Aktif çamur prosesi için Türkiye’deki mevcut bulunan tekstil tesislerinin birim yatırım maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki

Atıksu debisinin yanı sıra giderilen KOİ miktarı için gereken yatırım bedeli de önemli bir parametredir. Örneklerde bu değer farklı tesisler için 125 YTL ile 140 YTL arasında olduğu görülmektedir. Şekil 155’de giderilen KOİ (kg/gün) başına yapılması gereken aktif çamur ilk yatırım maliyeti grafiksel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 155. Aktif çamur prosesi için Türkiye’deki mevcut bulunan tekstil tesislerinin birim yatırım maliyetleri ile tesiste giderilen KOİ arasındaki ilişki

İşletme maliyetleri ise; tesiste kullanılan elektrik, kullanılan kimyasal, işgücü ve bakım-onarım maliyetlerinden oluşmaktadır. Türkiye’de aktif çamur prosesi kullanılan bazı tekstil tesislerinde arıtılan birim metreküp atıksu başına işletme maliyeti 0.25 YTL ile 0.50 YTL arasında görülmektedir (Şekil 156).



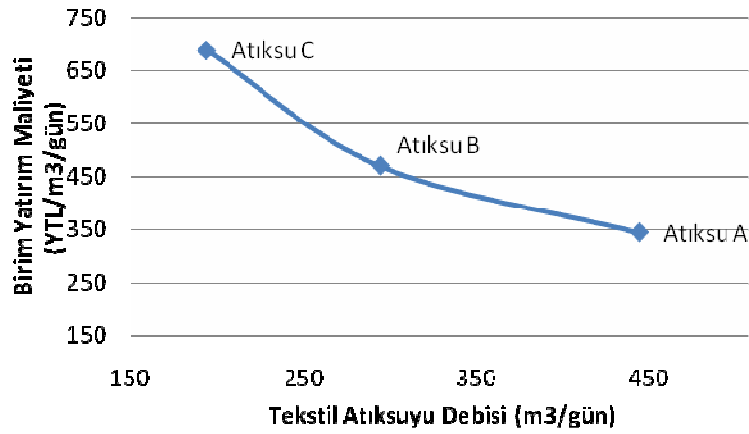
Şekil 156. Aktif çamur prosesi için Türkiye’deki mevcut bulunan tekstil tesislerinin birim işletme maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki

İstanbul’da faaliyet gösteren bir tekstil tesisi için, tesis içerisinde su kullanımını azaltmak ve atıksu geri kullanımını geliştirmek amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye Ekonomi Bankası ve TML İnşaat A.Ş. tarafından bir fizibilite çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada üç farklı atıksu için analizler yapılmıştır. Birinci atıksu (Atıksu A), tesis içerisinde kontrol uygulamaları yapılmadan önceki ham atıksu; ikinci atıksu (Atıksu B), tesis içerisinde su kullanımını azaltıcı uygulamalar yapıldıktan sonra oluşan atıksu; üçüncü ve son atıksu ise (Atıksu C), tesis içerisinde su kullanımını azaltıcı uygulamaların yanı sıra tesiste atıksu geri devri yapıldıktan sonraki atıksulardır. Tesisteki belirtilen bu atıksuların debileri ve karakterizasyonları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

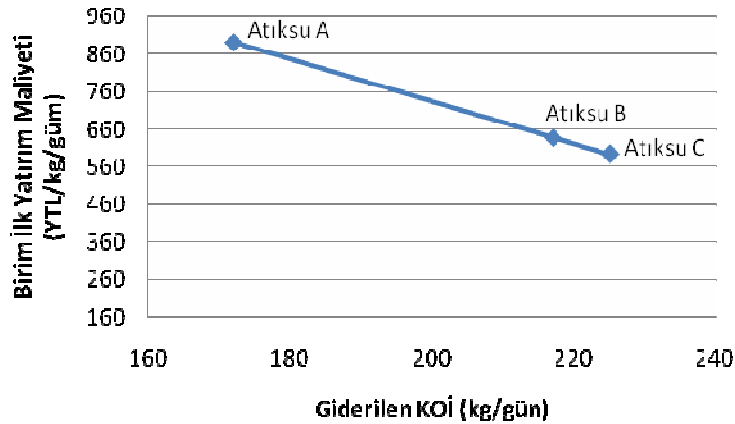
Tablo 134. Atıksu A, B ve C’nin debi ve KOİ değerleri

Parametre	Atıksular		
	A	B	C
Debi (m ³ /gün)	444	294	194
KOİ (mg/L)	687	1,038	1,460

Erdoğan ve diğerleri tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, her üç atıksu için de konvansiyonel aktif çamur prosesiyle biyolojik olarak arıtımının ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Atıksu A için inşaat, elektro-mekanik ve diğer kalemlerden oluşan ilk yatırım maliyeti yaklaşık 153,150 YTL olarak bulunurken, Atıksu B ve Atıksu C için bu maliyet sırasıyla yaklaşık 138,300 YTL ve 133,600 YTL hesaplanmıştır. Beklenildiği üzere atıksu debisinin azalmasıyla ilk yatırım maliyeti de azalmıştır. Ancak, bu atıksular için birim metreküp başına gereken ilk yatırım maliyeti debinin azalmasıyla artmaktadır. A, B ve C atıksuları için birim ilk yatırım maliyetleri sırasıyla 345 YTL/m³, 470 YTL/m³ ve 690 YTL/m³'tür. Birim yatırım maliyeti ile atıksu debisi kıyaslaması Şekil 157'de verilmiştir. Azalan atıksu debisiyle artan birim metreküp atıksu yatırım maliyetinin tersine, giderilen kilogram KOİ başına düşen yatırım maliyeti azalmaktadır. Birim yatırım maliyetleri ile tesiste giderilen KOİ arasındaki ilişki de Şekil 158'de verilmiştir.



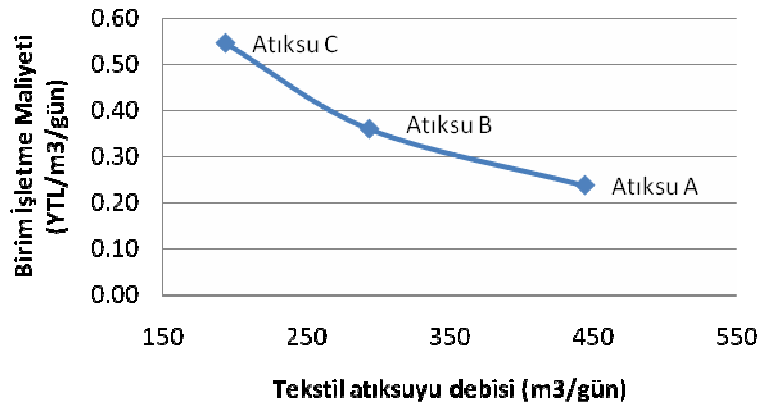
Şekil 157. İstanbul'da bulunan tekstil tesisi için birim yatırım maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki



Şekil 158. İstanbul'da bulunan tekstil tesisi için birim yatırım maliyetleri ile tesiste giderilen KOİ arasındaki ilişki

İşletme maliyetleri bu tesis için iş gücü, kimyasal ve enerji maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. Tesis içinde uygulanan, gerek su kullanımının azaltıcı gerekse atıksu geri devrini arttırıcı yöntemler sayesinde, tesis çıkışındaki atıksu debisi azalırken oluşan atıksuyun KOİ değeri yükselmiştir. Bu nedenle, tesisin birim metreküp başına düşen işletme maliyeti, KOİ değerindeki artış nedeniyle arıtma prosesinde kullanılacak olan kimyasal miktarının yükselmesiyle artış göstermiştir. Tesiste 444 m³/gün'lük atıksu debisi varken birim işletme maliyeti 0.24 YTL/m³'tür. Ancak azalan atıksu debisiyle beraber bu değer 0.36 YTL ve daha sonra da 0.55 YTL'ye yükselmiştir.

İstanbul'da faaliyet gösteren tekstil firması için Erdoğan ve diğerleri tarafından yapılan bu çalışmalara göre birim işletme maliyetinin atıksu debisiyle olan ilişkisini gösteren grafik de Şekil 159'da verilmiştir.



Şekil 159. İstanbul'da bulunan tekstil tesisi için birim işletme maliyetleri ile tesis atıksu debisi arasındaki ilişki

Yukarıda belirtilen örnekler doğrultusunda, tekstil atıksuyu arıtımında aktif çamur prosesi kullanıldığı zaman tesis için ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin tesis debisi ve tesiste arıtılan KOİ miktarına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Tablo 135'de Türkiye'de tekstil sektörü için aktif çamur prosesi kullanıldığı durumda farklı debi aralıkları için işletmenin birim ilk yatırım ve işletme maliyet değerleri verilmiştir. Tablo 136'da ise Tablo'ya benzer bir şekilde aynı maliyet figürleri değişen KOİ değerlerine göre belirtilmiştir.

Tablo 135. Farklı debi aralıkları için yatırım ve işletme maliyetleri

	Kapasite (m³/gün)	Birim Yatırım Maliyeti (YTL/m³/gün)	Birim İşletme Maliyeti (YTL/m³/gün)
1	0 – 200	190 – 690	0.28 – 0.55
2	200 – 500	190 – 470	0.24 – 0.36
3	500 – 1100	160 – 345	0.24 – 0.50
4	1100 – 2000	160 – 190	0.40 – 0.50

Tablo 136. Farklı KOİ aralıkları için yatırım ve işletme maliyetleri

	Giderilen KOİ (kg/gün)	Birim Yatırım Maliyeti (YTL/kg/gün)	Birim İşletme Maliyeti (YTL/kg/gün)
1	0 – 300	125 – 890	0.18 – 0.61
2	300 – 1200	125 – 150	0.18 – 0.45
3	1200 – 2500	140 – 150	0.30 – 0.45
4	2500 – 3000	135 – 140	~ 0.30

6.2.2. İleri Oksidasyon Prosesleri

Türkiye’de tekstil endüstrisinde son yıllarda meydana gelen değişimler ve ilerlemeler sonucunda, kullanılan boyaların ve kimyasal maddelerin gerek kompleks yapıları gerekse çeşitliliklerinden dolayı, fizikokimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtılması çok zor tekstil atıksuları oluşmaktadır. Bu nedenle, bu tür atıksular çevreyi olumsuz yönde etkilemekte ve estetik açıdan problemlerin oluşmasına neden olmaktadır.

İleri oksidasyon prosesleri, tekstil sektörü atıksularını toksik ve kalıcı kirleticilerden arındıran arıtma yöntemleridir. Bu prosesler, Fenton oksidasyonu (H_2O_2/Fe^{+2}), Fenton-benzeri oksidasyonu (H_2O_2/Fe^{+3}), Foto-Fenton prosesleri ($UV/H_2O_2/Fe^{+2}$), Ozonlama, Ozon- H_2O_2 kombinasyonu, ozon-UV kombinasyonu ve H_2O_2 -UV kombinasyonlarından oluşmaktadır. Bütün bu proseslerin ayrı ayrı hem avantajları hem de dezavantajları mevcuttur. Avantaj olarak, ileri oksidasyon prosesleri sayesinde atıksulardan renk giderilirken aynı zamanda

KOİ/BOİ değerleri de ciddi miktarlarda azaltılmaktadır. Ancak, bu prosesler çoğunlukla yüksek maliyetlere sahiptirler.

Bu bölümde yukarıda bahsi geçen ve Orta Anadolu için uygulanan ileri oksidasyon proseslerinden bazıları için, literatür araştırması sonucu elde edilen ilk yatırım ve işletme maliyetleri sunulacaktır. Bu prosesler; ozonlama, Fenton oksidasyonu ve ozon-H₂O₂ kombinasyonlarından oluşmaktadır.

a. Ozonlama Prosesi

Ozon, su ve atıksular için çok kuvvetli bir oksidandır. Su içerisinde çözünmesiyle birlikte iki farklı şekilde; moleküler ozon olarak doğrudan oksidasyon ve ikincil oksidanların (örn. Hidroksil radikal) oluşmasıyla dolaylı olarak bir çok organik bileşikle tepkimeye girer. Çok kuvvetli bir dezenfektan olup, aynı zaman da renk ve koku giderimi için kuvvetli bir oksidan olması nedeniyle kullanılır.

Ozon, ozon jeneratörleri vasıtasıyla üretilir. Brian ve arkadaşları tarafından Raleigh'da gerçekleştirilen, renk giderimi için endüstriyel atıksularda ozon uygulamaları adlı küçük laboratuvar ölçekli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, ozon jeneratörlerinin ilk yatırım maliyetleri yaklaşık bir günde üretilen ozon başına 3,000 \$ olarak belirtilmiştir. Aynı çalışmada, renkli atıksuyun arıtılması için gereken birim metreküp işletme maliyetinin yaklaşık 24 \$'dır (Mock ve Hamouda, 1998).

Bir başka çalışma da, 2006 yılında Uludağ Üniversitesi'nde Seval Solmaz ve ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, biyolojik olarak ön arıtılmış tekstil atıksuyu için koagülasyon, Fenton oksidasyonu ve ozonlama proseslerinin performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bursa'da faaliyet gösteren tekstil fabrikası 11,000 m³/gün'lük atıksu debisine sahiptir. Tesiste atıksular mevcut bulunan fiziksel arıtma ve aktif çamur tesisi vasıtasıyla arıtılmakta olup, tesisin giriş KOİ değeri 668 mg/L iken, çıkış KOİ değeri 160 mg/L'ye indirilmektedir. Seval Solmaz ve ekibi tarafından yapılan bu çalışmada uygulanan prosesler, fabrikada mevcut bulunan arıtma tesisi çıkışından alınmış numuneler üzerinden yapılmıştır. Çalışmada ozon, Opal OG3 model bir ozon jeneratörü sayesinde 5 gr/saat'lik ozon üretim hızıyla üretilmiştir. Atıksu örneklerine pH değişirken 20 mg/dak'lık ozon

uygulanmıştır. Optimum ozon dozu 360 mg/L olarak bulunmuştur. Sonuçta, maksimum KOİ giderimi % 43 olarak sağlanırken, renk giderimi ise % 97 seviyelerine ulaşmıştır.

Çalışma sonunda uygulanan prosesler için işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Ozon için kilogramı başına 2.42 \$ kimyasal maliyeti verilmiştir. Ozonlama prosesi için ise 4.94 \$/m³ işletme maliyeti bulunmuş olup, bu maliyet işçi ve çamur bertaraf maliyeti içermemektedir (Solmaz ve diğerleri, 2006).

Boncz'un yapmış olduğu doktora çalışmasında kilogram ozon maliyetinden yaklaşık 3.5 € olarak bahsedilirken, tekstil endüstrisi için uygulanan ozonlama prosesinin maliyetinin ton atıksu başına 0.11 € ile 0.27 € civarlarında olması beklendiği belirtilmiştir (Boncz, 2002).

b. Fenton Oksidasyonu

Tekstil endüstrisi atıksularının arıtımı için kullanılan ileri oksidasyon proseslerinden birisi de Fenton oksidasyon prosesidir. Bu proses, tekstil atıksularının OH⁻ radikalleriyle renklerinin ve organik madde içeriklerinin giderilmesinde giderek artan ölçüde kullanılan bir arıtım prosesidir. Bu proseste OH⁻ radikali üreten demir iyonları ve hidrojen peroksit karışımı kullanılmaktadır. Fenton prosesinde demir tuzu olarak demir sülfat (FeSO₄) kullanılır. Prosese etki eden parametreler ortam pH'sı, demir sülfat ve hidrojen peroksit dozlarıdır.

Fenton prosesi tekstil atıksularının arıtımında bir çok kez kullanılmıştır. Bu çalışmalardan bir tanesi daha önce ozonlama bölümünde bahsedildiği üzere Seval Solmaz ve ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. KOİ ve renk gideriminin en iyi olduğu durumun belirlenebilmesi için değişken FeSO₄ ve H₂O₂ dozları için farklı pH'larda deneyler Bursa'da bulunan tekstil fabrikası atıksuları için yapılmıştır. Debisi 11,000 m³/gün olan tesis için uygulanan Fenton prosesinde, sistemin işletme pH'sının kirletici giderimini çok belirgin bir şekilde etkilediği görülmüş ve sistem için en uygun pH değeri 3 olarak ölçülmüştür. Optimum FeSO₄ ve H₂O₂ dozları ise sırasıyla 400 mg/L ve 200 mg/L uygulandığında Fenton prosesi performansı KOİ giderimi için % 78 ve renk giderimi için ise % 95 oranında gözlenmiştir.

Demir ve hidrojen peroksit ozona kıyasla daha ucuz kimyasallardır. Yapılan çalışmada, proseste kullanılan FeSO₄.7H₂O maliyeti kilogram başına 0.35 \$ olarak, H₂O₂ için ise

kimyasal maliyet kilogram başına 0.51 \$ olarak belirtilmiştir. Fenton prosesinin işletme maliyeti, arıtılan tekstil atıksuyunun metreküp miktarı için 0.59 \$ civarındadır. Ancak, ozonlama sistemi için de olduğu gibi bu maliyet işçi ve çamur bertaraf maliyeti içermemektedir (Solmaz ve diğerleri, 2006).

Bir başka Fenton oksidasyonu işletme maliyetinden ise 1998 yılında Kuzey Carolina'da gerçekleştirilmiş olan Renk Azaltımı ve Giderimi adlı seminerde bahsedilmiştir. Fenton koagülasyonu sayesinde arıtılacak olan atıksu için işletme maliyetinin 0.76 \$/m³ ile 1.63 \$/m³ aralığında olacağı belirtilmiştir.

Montano ve ekibi tarafından 2006 yılında renk giderimi için farklı tip foto-Fenton yaklaşımlarının çevresel değerlendirmesi çalışması gerçekleştirilmiştir. Üç farklı tarzda foto-Fenton prosesi uygulanarak yaşam döngüsü değerlendirmesi ve bütün prosesler için ekonomik analiz yapılmış. Bu çalışmanın ekonomik analiz bölümünde demir sülfat ve hidrojen peroksit için birim maliyetler belirtilmiştir. Bu maliyetler aşağıdaki tabloda verilmektedir (Montano, 2006).

Tablo 137. Demir Sülfat ve Hidrojen Peroksit Birim Maliyetleri (Montano, 2006)

Ürün	Maliyet (€)
FeSO ₄ (kg)	0.25
H ₂ O ₂ % 50 (kg)	0.22

Bursa Organize Sanayi Bölgesi atıksuyu üzerinde sırasıyla Fenton oksidasyonu, kimyasal koagülasyon ve iyon değiştirici prosesleri Üstün ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır. Organize Sanayi Bölgesi toplamda 200 fabrikadan oluşmakta olup, bunların bir çoğu tekstil endüstrisidir. Bu nedenle bölgede oluşan atıksuyun yaklaşık % 72'si tekstil atıksuyu özellikleri taşımaktadır. Bu çalışmanın da amacı KOİ ve renk giderimi sağlamak olmuştur. Bölgede oluşan atıksu debisi 48,000 m³/gün olup, bölgede mevcut bulunan atıksu arıtma tesisi giriş KOİ konsantrasyonu yapılan karakterizasyon çalışmaları sonucunda 113 mg/L ile 149 mg/L aralığında bulunmuştur. Çalışmada, oluşan atıksu önce Fenton oksidasyonu prosesinin ardından kimyasal koagülasyona tabi tutulmuş ve son olarak da iyon değiştiriciyle arıtma tamamlanmıştır. Fenton oksidasyonu prosesi için deneyler sonucunda optimum pH 4 olarak belirlenmiştir. Prosese etki eden diğer FeSO₄ ve H₂O₂ konsantrasyonları ise sırasıyla 20 mg/L

ve 70 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma sonucu olarak, Fenton oksidasyonu için birim metreküp başına düşen işletme maliyeti 0.124 €/m³ bulunmuş olup, diğer proseslerle beraber toplam işletme maliyeti 2.54 €/m³ olduğu belirtilmiştir. Bu belirtilen toplam değer içerisinde 1.20 €/m³ mertebesinde çamur bertaraf maliyeti bulunmaktadır (Üstün, 2007).

Bir diğer çalışmada ise, Phillipe ve ekibi Güney Afrika'da bir çok Fenton prosesi uygulanan tesis olduğunu vurgulamışlardır. Bu tesislerde renk giderimi Fenton prosesi yardımıyla gerçekleşirken, KOİ giderimi ise aktif çamur sistemi vasıtasıyla olmaktadır. Böyle bir tesis için işletme maliyeti 0.4 \$/m³ olarak belirtilmiştir. Bu değer de çamur bertaraf maliyetini içermemektedir (Vandevivere, 1998).

Fenton Reaktifi sayesinde renk giderimi yüksek oranlarda sağlanırken, bir takım problemler de oluşabilmektedir. Bu problemler, aromatik aminlerin oluşması ve yüksek miktarda Fe (III) iyonu içeren çamurların oluşmasıdır. Lodha ve Chaudhari tarafından yapılan bir çalışmada Fenton oksidasyonunun biyolojik arıtma ile birlikte uygulanması durumunda, düşük dozlarda Fenton Reaktifi kullanılarak azalan işletme maliyeti sayesinde boya içeren atıksuların daha ekonomik bir şekilde arıtılacağı ve aynı zamanda sistemdeki çamur oluşumunun minimize edilmesiyle çamur bertaraf maliyetinin de azalacağı belirtilmiştir (Lodha ve Chaudhari, 2007).

Fenton oksidasyon prosesi için yapılmış olan yukarıdaki çalışmalar doğrultusunda işletme maliyetleri ve kullanılan kimyasalların birim maliyetleri Tablo 138'de özetlenmektedir.

Tablo 138. Fenton Oksidasyon Prosesi için maliyet özeti

	Maliyet (\$)		Maliyet (\$/m ³)
FeSO ₄ (kg)	0.35 – 0.38	İşletme Maliyeti	0.40 – 1.63
H ₂ O ₂ % 50 (kg)	0.33 – 0.51		

c. Ozon ve Hidrojen Peroksit

Ozonun su içerisinde çözünmesiyle birlikte oluşan hidroksil radikalleri, ortama hidrojen peroksit eklenmesi durumunda çok daha hızlı ve çok daha fazla miktarda meydana gelmeye başlarlar.

Ozonlama ve Fenton oksidasyon bölümlerinde bahsedildiği gibi Solmaz ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada ozonlamanın yanı sıra ozon ile hidrojen peroksit beraber kullanılarak, KOİ ve renk giderim performansına bakılmıştır. Farklı dozlarda H₂O₂ (5, 10 ve 25 mg/L) atıksuya 15 dakikalık ozonlama uygulandıktan sonra verilmiştir. Ozonun oksitleme kapasitesinin ortamda hidrojen peroksitin bulunmasıyla arttığı gözlemlenmiştir. Sisteme optimum 5 mg/L H₂O₂ dozlandığında KOİ giderimi % 54, renk giderim ise % 99 olarak bulunmuştur. Solmaz ve arkadaşları uygulanan bu proses için işletme maliyeti olarak metreküp arıtılan tekstil atıksuyu başına 5.02 \$ yaklaşık bir maliyet hesaplamışlardır ve bu maliyet çamur bertaraf ve işçi maliyeti içermemektedir (Solmaz ve diğerleri, 2006).

Ozon ve hidrojen peroksit kombinasyonu prosesinin tekstil endüstrisi atıksularından başka katı atık deponi sahalarında oluşan çöp sızıntı sularının arıtımı için de kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birisi Tunus'ta bulunan bir katı atık depolama sahası sızıntı suları için Tizaoui ve ekibi tarafından uygulanmıştır. Yüksek KOİ, düşük biyolojik parçalanabilirlik ve yoğun koyu renk açısından tekstil atıksuyuna benzer nitelik taşıyan sızıntı suyunun tesisteki arıtılmadan önceki KOİ konsantrasyonu yaklaşık 5,230 mg/L'dir.

Tesiste sızıntı suyunun giderimi için ozon ile hidrojen peroksit kombinasyonunun kullanımıyla sistemdeki KOİ giderimi % 48, renk giderimi ise % 94 mertebesine ulaşmıştır. Çalışmada 2 g/L hidrojen peroksit konsantrasyonu optimum konsantrasyon olarak belirlenmiş olup, üzeri konsantrasyonlar için giderim oranları ve biyolojik parçalanabilirlik azalırken işletme maliyetlerinin de yükseldiği gözlemlenmiştir. Son olarak da işletme maliyeti olarak kilogram giderilen KOİ başına 2.3 \$ maliyet bulunmuştur (Tizaoui ve diğerleri, 2007).

6.2.3. Membran Prosesleri

Son yıllarda geliştirilen bazı arıtma teknolojileri ile atıksuyun tekrar kullanımı ekonomik olarak mümkün olmaktadır. Özellikle suyun kıt olduğu bölgelerde ve çok su kullanan endüstrilerde önemli altyapı yatırımları yapılmadan atıksuların tekrar kullanımı dikkate alınması gereken önemli alternatiftir. Membran prosesleri atıksuların tekrar kullanımını mümkün kılan, onların alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmelerini sağlayan teknolojilerdir.

Membran, iki farklı fazı veya ortamı birbirinden ayıran ve bir tarafından diğer tarafa maddelerin seçici bir şekilde taşınmasını sağlayan geçirgen bir tabakadır. Kütle transferi, konsantrasyon farkı, basınç farkı ve elektriksel potansiyel farkı gibi itici güçler yardımıyla gerçekleşmektedir.

Membran ayırma prosesleri mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), ters ozmos (RO), elektrodializ (ED), ve pervaporasyondur. Ayırma işlemi, moleküllerin boyutlarına ve molekül kütlelerine göre gerçekleşir.

Bu proseslerden başka bir de biyolojik arıtma ile membran filtrasyonunu bir processe birleştiren membran biyolojik reaktör (MBR) sistemleri vardır. Bir çok endüstriyel atıksuyu arıtımı için kullanılan bu sistemler, atıksuyun arıtılarak geri kazanılmasını mümkün kıldığı için çok tercih edilmektedirler. Yüksek kalitede su çıkışına sahip olmalarının yanı sıra, MBR sistemleri konvansiyonel arıtma tesislerine kıyasla çok daha az yer kaplayan kompakt sistemlerdir.

Orta Anadolu'da oluşan bütün hatlardan gelen karışık atıksuların arıtımı için MBR sistemi, boyama ve terbiye hattı atıksuları için ise ön arıtım amaçlı mikrofiltrasyon (MF) ve arıtılan atıksuyun tekrar kullanımını mümkün kılmak için nanofiltrasyon teknikleri uygulanmıştır. Bu bölümde Orta Anadolu için uygulanan bu proseslerin literatüre göre ekonomik değerlendirmesi yapılarak, yaklaşık maliyetlerinden bahsedilecektir.

a. MBR Sistemleri

Biyolojik arıtma ile membran filtrasyon sistemlerinin kombinasyonuyla oluşan MBR sistemleri, çok yüksek kalitede çıkış suları sayesinde atıksuların geri kullanımını mümkün kılan geleceğin arıtma sistemleridir. İlk kayıtlı uygulaması 1969 yılında bir biyolojik atıksu arıtma tesisi için çıkış suyundan aktif çamurun ultrafiltrasyon membranı yardımıyla ayrılıp havalandırma tankına geri döndürülmesi ile gerçekleştirilmiştir (Ng ve Kim, 2007).

Çok yüksek su kullanımı gerektiren tekstil endüstrisi için önemli bir arıtma alternatifi olan MBR sistemlerinin bu endüstride bir çok uygulaması vardır. Bunlardan bir tanesi Çin'de Zheng ve arkadaşları tarafından 2006 yılında gerçekleştirilmiştir. Boyama ve baskı

proseslerinin uygulandığı bir tekstil fabrikası atıksuları, laboratuvar ortamında MBR sistemi vasıtasıyla arıtılarak, arıtma verimleri gözlenmiş ve sistemin arıtma maliyetleri hesaplanmıştır.

Atıksu debisi 240 m³/gün olan tesisin giriş KOİ konsantrasyonu 128 mg/L ile 321 mg/L aralığındadır. Uygulanan MBR sistemi sonucunda Zheng ve arkadaşları KOİ giderimini yaklaşık % 80, renk giderimini ise yaklaşık % 60'a yakın değerlerde bulmuşlardır.

Membranın atıksu akısı sadece ilk yatırım maliyetini değil, membran yenileme maliyetine de etki eden bir faktördür. Bu nedenle sistem için iki farklı membran atıksu akısı olarak sırasıyla 8 L/m².sa ve 10 L/m².sa alt ve üst limitler seçilerek, bu değerler için ayrı ayrı ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Maliyet analizi yapılırken ilk yatırım maliyeti olarak membranlar ve membranın dışında sabit varlıkların maliyetleri (mekanik, elektriksel, kontrol ve inşaat kalemleri) hesaba katılmışken, işletme maliyeti için ise membran yenileme maliyetleri, işçi maliyetleri, kimyasal ve enerji maliyetleri toplanmıştır.

Membranların ilk yatırım maliyetleri hesaplanırken, sistem için gereken membran alanları iki farklı membran atıksu akısına göre belirlenerek, membranların o yılki piyasadaki maliyeti olan 15 \$/m² fiyatı kullanılmıştır. Kapasitesi 240 m³/gün olan tesis için 8 L/m².sa'lık bir akı olması durumunda gereken membran alanı 1,250 m² iken, bu değer 10 L/m².sa'lık akı için alan 1,000 m²'ye düşmüştür. Sonuç olarak membranların maliyetleri 8 L/m².sa ve 10 L/m².sa membran akıları için sırasıyla yaklaşık 18,200 \$ ve 14,500 \$ olarak hesaplanmıştır. Membran dışındaki sabit varlıkların maliyetleri ise yaklaşık 33,850 \$ civarında kabul edilmiştir. Bu durumda toplam yatırım maliyeti bu iki değer toplamı olan farklı membran akıları için 52,000 \$ ile 48,350 \$ olarak bulunmuştur.

Tesisin işletme maliyeti hesaplanırken ise, sabit varlıkların amortismanı için 15 yıllık işletim süresi kabul edilmişken, membranların yaşama ömrü için bu değer 2 yıl olarak seçilmiştir. Daha önceki tecrübelerle dayanarak tesiste enerji tüketiminin 0.8 kW.sa/m³ olacağı varsayılmış ve sistemin gerek kompakt olması gerekse otomasyona bağlı olması nedeniyle bir kişinin bakım ve onarım için yeterli olacağı kabul edilmiştir. Enerji ve işçi maliyeti kalemleri sırasıyla 0.06 \$/kW.h ve yaklaşık kişi başına yıllık 1,450 \$ olarak alınmıştır. Membranların temizliği için gereken kimyasalların maliyeti çok düşük olduğu için göz ardı edilmiştir. Bütün

bu kalemler dikkate alınarak, 8 L/m².sa ve 10 L/m².sa membran akıları için arıtılan metreküp atıksu başına sırasıyla 0.20 \$ ve 0.18 \$ işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler aşağıdaki Tablo 139'da özetlenmiştir.

Tablo 139. MBR Sistemi Maliyetleri (Zheng ve Liu, 2006)

	Membran Atıksu Akısı (L/m ² .sa)	
	8	10
Toplam Yatırım maliyeti (\$)	52,000	48,350
İşletme Maliyeti (\$/m³)	0.20	0.18

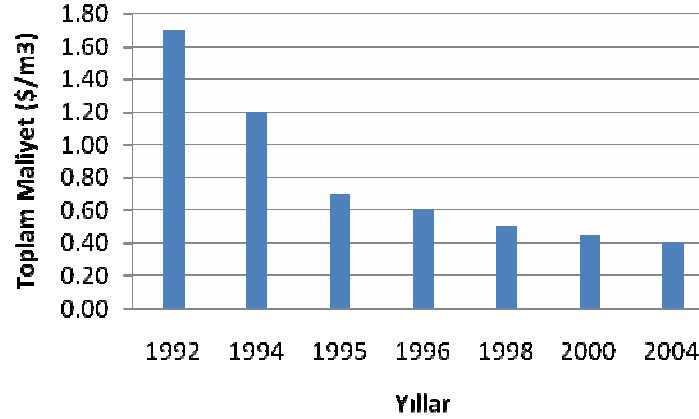
Zheng ve Liu yapmış oldukları bu çalışmanın maliyet analizinde, ilk yatırım maliyeti için membran maliyetleri toplam maliyetin % 28 ile % 35'ini oluşturarak baskın faktör olduğu, işletme maliyetinin % 48 ile % 53 oranında membran amortismanından oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca, artan membran akıları her iki maliyeti de düşürmektedir. Buna ilave olarak, membranların daha uzun yaşama ömürleri olması durumunda azalacak olan amortisman değerleri tesisin işletme maliyetini de dolaylı yoldan azaltacaktır.

Türkiye'de de membran biyolojik reaktör uygulamaları hızla artmaktadır. Muğla'nın belde belediyelerinden birisi için projelendirilen bir MBR sistemi bulunmaktadır. Evsel nitelikli atıksu arıtımı için tasarlanmış olan MBR sistemi yaklaşık 1,500 m³/gün kapasitelidir. Projelendirilen tesis için ilk yatırım maliyeti 600,000 YTL olmakla beraber, birim atıksuyun işletme maliyeti 0.35 YTL/m³ olarak hesaplanmıştır.

Churchouse ve Wildgoose, Kubota membranlarının pilot ölçekte ve büyük ölçekte işletme koşullarının ve maliyetlerinin sunulduğu bir çalışmalarında, MBR teknolojisinin artık laboratuvar prosesinden çıkıp, büyük boyutta arıtma teknolojisi olmaya başladığını, son yıllarda bu tesislerin hem sayılarının arttığının hem de daha yüksek kapasitelerde işletilmeye başladığından bahsetmişlerdir. Bu çalışmada Kubota membranları ilk olarak 1990 yılında kullanılmış olup, dünya çapında 200'de fazla tesisin bulunduğu söz edilmektedir. 1992 yılında membran maliyetleri membranın metrekaresi için yaklaşık 400 \$'dan, 2004 yılı itibarıyla bu değer 60 \$/m² civarlarına kadar düşmüştür. Bu maliyet azalışı üç nedene bağlanmıştır. Birincisi tasarıma esas alınan membran atıksu akısı, proseste cazibeli akışın kullanılmasıyla birlikte iki katına çıkmıştır. İkinci neden, membranların kullanım ömürlerinin

3 yıldan 8 yıla kadar çıkmış olmasıdır. Son olarak da, membran üretici firmaların hızla artışta olması membran maliyetlerindeki azalışın en önemli sebebi olmuştur.

Yapılan bu çalışmada 2,000 m³/gün kapasiteli bir MBR tesisinin, 1992 ile 2004 yılları arasındaki toplam maliyetindeki azalış gözlenmiştir. Aşağıdaki şekilde yıllara göre MBR tesisi toplam maliyetleri verilmiştir (Churchouse ve Wildgoose).



Şekil 160. Yıllara göre toplam MBR maliyetindeki değişim

b. Mikrofiltrasyon ve Nanofiltrasyon Prosesleri (MF+NF)

Orta Anadolu'nun boyama ve terbiye proseslerinden kaynaklanan atıksularının ön arıtımında mikrofiltrasyon membran prosesi uygulanmıştır. Mikrofiltrasyon (MF) membranları, gözenek çapları 0.5 – 10 µm arasında değişen membranlar olup, sonrasında gerçekleştirilecek ileri filtrasyon proseslerinde oluşabilecek tıkanma problemlerine karşı ön arıtma prosesi olarak uygulanır.

Nanofiltrasyon (NF) ise, ultrafiltrasyon (UF) ve ters ozmoz (RO) prosesleri arasında yer alan, tuz giderimi hariç diğer bütün kirlilik unsurlarını, renk ve virusler dahil olmak üzere, gideren bir membran filtrasyon prosesidir. Bu proses bir çok endüstride atıksuların arıtması ve geri kullanımı amaçlı kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisi, kağıt endüstrisi, gıda endüstrisi ve metal endüstrisi bu sektörlerden bazılarıdır.

Örneğin, Mısır'da Hafez ve diğerleri tarafından gıda sektöründe yer alan El-Nile adlı bir şirket için, NF ve RO prosesleri kullanılarak fabrikada oluşan atıksular arıtılmasının ve geri

kullanılmasının tekno-ekonomik bir araştırması yapılmıştır. 1,200 m³/gün kapasiteli tesis için gerçekleştirilen çalışmada tasarım toplama tankı, yağ tutucu, hızlı karıştırıcı, koagülasyon ünitesi, durultucu, çökeltme havuzu, NF ve RO sistemlerine göre yapılmıştır. Sistemin toplam yatırım maliyeti yaklaşık olarak 254,000 \$ olarak bulunurken, işletme maliyeti ise 0.23 \$/m³ hesaplanmıştır (Hafez ve diğerleri, 2007).

Avrupa Su Birliği (EWA) tarafından 2005 yılında, tekstil endüstrisi terbiye atıksularının arıtılabilirlik ve geri kullanılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada ise, NF ve UF membran prosesleri 50,000 m³/yıl miktarındaki atıksuyu arıtmak için kullanılmıştır. NF prosesinin tek başına kullanılması durumunda arıtma maliyetleri 0.57 €/m³ ile 0.63 €/m³ aralığında olurken, NF öncesinde ön arıtma olarak UF kullanılması durumunda bu maliyetin 0.67 €/m³ ile 1.04 €/m³ mertebelerine yükseleceği belirtilmiştir.

NF membran prosesinin tekstil sektöründen boyama sonrası yıkama atıksuları için de uygulandığı bir diğer çalışma Florio ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Tesisin beş farklı hattan gelen atıksuları için membran prosesleri uygulanmıştır. Bu hatlar; polyester ağartma, ipek ağartma, dağınık polyester boyama, asitli ipek boyama ve direkt viskoz boyama hatlarıdır. Maliyet analizi direkt viskoz boyama hattından gelen atıksuların arıtımı için yapılmıştır. Pilot ölçekte gerçekleştirilen bu çalışma için membranlar hariç kullanılan bütün ekipmanların yaşam ömrü 10 yıl kabul edilirken, membranlar için bu değer 3 yıl olarak seçilmiştir. Tesisin yılda oluşan atıksu miktarı 10,000 m³ ila 250,000 m³ arasında değiştiği belirtilmiş ve bu çalışmada yapılan maliyet analizleri 50,000 m³/yıl kapasiteli bir tesis için yapılmıştır. Membran modüllerinin alanları her modül için 32 m² olarak seçilmiştir. Tasarıma esas alınan membran atıksu akısı 20 L/m².sa alınmıştır.

NF ünitesinin ilk yatırım maliyeti 31,100 € olduğu, membranların ise birim maliyetlerinin 2,000 € olduğu belirtilmiştir. Yıkama kimyasalı ve enerji kullanımı da sırasıyla 1,886 €/yıl ve 7,074 €/yıl olarak hesaplanarak toplam işletme maliyetine katılmıştır. Sonuç olarak toplam işletme maliyeti 0.60 €/ m³ olarak tespit edilmiştir. Bu değer bir öncelik bahsedilen Avrupa Su Birliği tarafından gerçekleştirilen çalışmada belirtilen aralıktadır (Florio ve diğerleri, 2005).

Bir diğer çalışma ise Koyuncu ve ekibi tarafından 2001 yılında gerçekleştirilmiştir. NF prosesi pilot ölçekte bir tekstil endüstrisi için uygulanmış KOİ, renk ve iletkenlik giderimi gözlenerek 1,000 m³/gün kapasiteli bir tesis için ilk yatırım ve işletme maliyetleri çıkarılmıştır. Tesisin giriş KOİ konsantrasyonu, 500 – 800 mg/L değerinden NF uygulaması sonrasında 10 mg/L'den daha düşük konsantrasyonlara kadar inmiştir. Aynı şekilde renk giderimi de bu kadar yüksek olup, girişte 500 Pt-Co olan renk konsantrasyonu çıkışta 10 Pt-Co değerlerine kadar düşmüştür. Tesiste yaklaşık % 97 giderim sağlanmıştır.

Maliyet analizi yapılırken tesisin 5 yılda kendisini amortize edeceği düşünölmüş ve faiz oranı % 10 olarak alınmıştır. Bunun yanı sıra, membranların ömrü 3 yıl kabul edilmiştir. Bütün bunlar dikkate alınarak, tesisin ilk yatırım maliyeti 1,000 m³/gün olan tesis için 300,000 \$ olarak belirtilmiş olup, bu değer ekipman, yer ve diğer hizmet kalemlerini içermektedir. İşletme maliyeti ise enerji, membranların yenilenmesi, işçi, yedek parçalar ve kimyasal kalemlerinden oluşmuştur. Birim işletme maliyeti 0.59 \$/m³, birim ilk yatırım maliyeti 0.22 \$/m³ ve toplamda da arıtma maliyeti 0.81 \$/m³ olarak belirlenmiştir (Koyuncu ve diğerleri, 2001).

MF prosesinin NF prosesi öncesinde ön arıtma olarak uygulandığı bir çalışma da Marcucci ve diğerleri tarafından yapılmıştır. Tekstil atıksuyunun biyolojik aktif çamur prosesi ile arıtılmasından sonra atıksuyun üretim proseslerinde geri kullanımını sağlamak için sırasıyla kum filtrasyon, MF ve NF prosesleri 1,500 m³/gün kapasiteli bir tesis için uygulanmıştır. Seçilen MF membran alanı 11 m² olurken, NF için bu alan 8.4 m² olarak seçilmiştir. 3 yıllık amortisman süresi seçilmiş ve birim arıtma maliyeti bu uygulanmış olan üç proses için 0.34 €/m³ hesaplanmıştır (Marcucci ve diğerleri, 2002).

7. DİĞER ATIKLAR

Tekstil Sektörü, büyük orandaki su kullanımı ile dünya literatüründeki su kullanımı çalışmalarında odak endüstri haline gelmiştir. Tekstil endüstrisi için hazırlanmış olan BREF Tekstil Dokümanının bu endüstri ile ilgili en çok üzerinde durduğu nokta su kullanımlarıdır. Fakat bunun yanında, Direktifin amacı çevresel anlamda kapsamlı bir endüstri planlaması yapmak ve tüm çevresel faktörleri göz önüne alarak kirlilik önleme çalışmalarının gerçekleşmesini sağlamaktır.

Kirlilik önleme çalışmaları kapsamında su optimizasyonunun yanında, fabrikada katı atık yönetimi ve bertarafı da önem taşımaktadır. Direktifin esas amacı, kirlilik önlemenin kaynaktan gerçekleşmesini entegre bir biçimde sağlamak, bunun uygulanabilir olmadığı durumlarda hava, su ve toprak emisyonlarının kontrolünü sağlamaktır. Katı atıkların geri kazanım ve yeniden kullanım seçenekleri araştırılmalı ve göz önünde bulundurulmalıdır. Aşağıdaki bölümlerde, Orta Anadolu'da katı atıklar ve hava emisyonları için izlenmekte olan yol özetlenmektedir.

7.1. Katı Atıklar

İşletmede üretim esnasında çok büyük miktarda katı atık oluşmamaktadır. Üretimde katı atıkların büyük kısmı mekanik işlemlerin gerçekleştirildiği, kimyasal ve su kullanımının olmadığı bölümlerde yani iplik üretimi aşamasında oluşmaktadır.

İplik üretiminin ilk aşaması olan Harman Hallaç işlemi, bir kaç değişik pamuk türünün bir araya getirilip karıştırılmasıdır. Bu aşamada, pamuk içinde olası metaller tutulmakta ve pamuk içerisinde olan, safsızlık olarak nitelendirilen çepeller ve nepsler yani düğümlemiş elyaflar tutularak, uzaklaştırılır. İpliğin ileriki işlemlerinde istenmeyen bu maddelerin uzaklaştırılması ile pamuk, toz ve metal atıklar oluşmaktadır. Metallerin sistemden alınmasının esas nedeni, takip eden proseslere zarar vermesini engellemek, sistemde oluşabilecek yangın risklerini önlemektir. Harman Hallaç işleminden çıkan atık pamuk ve tozlar Telef olarak adlandırılır. Yapılan işlemler sonucunda oluşan telefler, telef değerlendirme ünitesine gönderilmektedir. Harman Hallaç işlemi gerçekleştirildikten sonra, pamuk tarak makinelerine gemekte be burada elyafların paralelleştirmesi ve kalın fitil haline getirilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Fitil makinelerine gelen cerler incelti olarak fitiller oluşturulmakta ve bu işlem esnasında oluşan tozlar ve atık ipler toplanarak telef değerlendirme ünitesine gönderilmektedir. Cerler fitil haline getirildikten sonra, yaylı sistem ile fitil makinelerinden vater ünitesine taşınmakta ve burada inceltmiş cerlere son kalınlık (Ne) verilmektedir. Bu işlem sırasında büyük miktarda toz oluşmaktadır. İşletmede bu işlem gerçekleştirilirken, tozlar son kalınlık verilme işleminde fitillerin mukavemetini düşürdüğü için sistemde havalandırma ve süpürme mekanizmaları ile toplanmaktadırlar.

Vater ünitesinden sonra, bobinler taşıma kartonları üzerinde stoklanmaktadır. İşletme tarafından, taşıma kartonlarının kullanım ömrü yaklaşık 100–150 tur olarak belirtilmiştir. Taşıma kartonlarının kullanım ömrü dolduktan sonra, kartonların gerekli yerlere gönderilerek geri kazanımı gerçekleştirilmektedir.

İşletmede iplik üretimi esnasında oluşan iplik atıklarının bir kısmı değerlendirilebilmektedir. İplik üretim aşamasında oluşan telef, telef değerlendirme ünitesine gönderilmektedir. İşletmeden alınan bilgiye göre, iplik üretiminde üretilen ipliğin yaklaşık %8-8,5'i kadar telef ortaya çıkmaktadır. Oluşan telefin % 3'lük kısmı kıymetsiz olup çöp şeklinde belediye çöp sahasına gönderilmektedir. Bunun yanında, telefin % 5'lik kısmı ise halı ipliği oluşturmada ya da kanepeler yapımında değerlendirilmek üzere satılmaktadır. İplik üretiminde, sistemin kendi içinde üretilen ipliklerin toplamının % 1–1,5'i oranında, makarası tamamlanmamış veya eksik olan iplikler sisteme geri döndürülüp üretim hattında yeniden kullanılmaktadır. İplik üretiminde uygulanan havalandırma ve süpürge yardımı ile toplanan tozlar kıymetsiz olup belediyeye gönderilen çöplere katılmaktadırlar.

Telef değerlendirme ünitesinde, toplanan atık pamuk, metal ve çepeller, separatör bulunan bir odaya vakum yardımı ile toplanmakta ve orada ağırlık esasına dayanarak çepellerin bir kısmı ve metaller ayrılıp kalan kısım, telef pres yardımıyla balyalanarak satışa sunulmaktadır. Telef seperatörü ile ayrıştırılan maddeler belediye çöplüğüne gönderilmektedir. Çıkan metal miktarı ihmal edilecek düzeyde olduğu için değerlendirmeye tabi tutulmamaktadır.

İşletmede, katı atıklar konusunda kirlilik önleme çalışmaları yürütülmektedir. Ambalaj atıkları konusunda basit temiz üretim seçenekleri uygulanmaktadır. Örneğin, indigo boyama bölümünde bir boya kimyasalı, yüksek oranda kullanılan bir boya olduğu için satın alınan ambalaj boyutları değiştirilmiştir. Normalde 11 kg lık ambalajlarda alınan boya, satıcı firmadan işletmenin isteği üzerine 110 kg lık ambalajlarda alınmaya başlanmıştır. Böylece ambalaj atıklarında bir optimizasyon gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca atıksu arıtma tesisinden çıkan çamurun miktarı yılda yaklaşık 85 tondur. Atıksu arıtma tesisinden çıkan çamur çöp sahasına gönderilmektedir.

7.2. Hava Emisyonları

İşletme kullanılan yakıtlar doğal gaz, fuel-oil ve motorin'dir. İşletme için gerekli olan enerji ve buhar üretiminin gerçekleştirildiği Kojenerasyon tesisinde Eylül 2003'ten önce nafta ve LPG kullanılırken mevcut durumda bu yakıtların yerini doğal gaz almıştır.

Doğalgaz büyük kirletici etkilere sahip olan bir yakıt değildir, bu da fabrikada hava emisyonlarının büyük bir sorun teşkil etmemesini sağlamaktadır. İşletme, Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile uyum içerisindedir.

8. SONUÇLAR

Bu proje, IPPC kapsamına giren bir tekstil kuruluşunda IPPC Direktifi'nin bir ilk uygulaması olarak gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde IPPC Yönetmeliği'nin Aralık 2008 itibariyle yasal mevzuata aktarılacak oluşu sebebiyle bu projenin çıktılarını Direktifi uygulayıcı kuruluş durumunda olan Çevre ve Orman Bakanlığı için önemli bir pilot çalışma olacaktır.

Ekim 2005'te başlayan proje, 2 yılı aşkın bir süre boyunca Orta Anadolu'da IPPC Direktifi'nin gerektirdiği "Mevcut En İyi Teknikler (Best Available Techniques, BAT)" uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında yürütülen çalışmalar şöyle sıralanabilir:

- Tekstil sektöründe IPPC Direktifi kapsamına giren kuruluşların belirlenmesine yönelik anket çalışmaları,
- IPPC Direktifi hakkında sektörü bilgilendirmek için yapılan başlangıç çalışmayı ve proje bulgularının sektöre aktarılması için gerçekleştirilen kapanış çalışmayı,
- BREF Tekstil Dokümanı kapsamında tesis içi alınabilecek önlemlerin belirlenmesi ve bunların uygulanabilirliğinin fabrika yetkilileri ile değerlendirilmesi,
- Fabrika genelinde su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik önlemlerin alınması,
- Boyama atıksularının geri kazanımına yönelik fiziko-kimyasal arıtım ve membran teknolojilerinin uygulaması,
- Terbiye atıksularında kostik geri kazanımı ve pilot ölçek kostik sisteminin kurulması,
- Tesis atıksuyunun arıtımı ve geri kullanımına yönelik pilot ölçek membran biyoreaktör uygulaması,

- Biyolojik olarak arıtılmış tesis atıksuyunun membran filtrasyon sistemi ile geri kullanımına yönelik çalışmalar,
- Tesis atıksuyu ile ileri oksidasyon (ozon, fenton, hidrojen peroksit) çalışmaları,
- Çevresel risk analizi çalışmaları.

Yürütülen tüm bu çalışmalar sonucunda; öncelikle ele alınan tekstil kuruluşunun IPPC direktifi ile kolayca uyum sağlayabilir nitelikte olduğu görülmüştür. Kuruluştaki uygulanan proseslerin çok büyük bir bölümünün BREF Tekstil Dökümanı'nda belirtilen "mevcut en iyi teknikler" ile uyumlu olduğu, tesisin su ve enerji kullanımının dökümanda belirtilen referans aralıklar içerisinde ya da çok yakınında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, alınan tedbirler ve yapılan iyileştirmelere ile, tesisin performansında önemli bir iyileşme sağlanmıştır. Proje başladığında 6000-7000 ton/gün olan su kullanımı, proje bitişinde yaklaşık 4500 ton/gün'e azalmıştır. Benzer şekilde enerji tüketiminde de % 10'luk bir iyileşme sağlanmıştır.

Bu aşamaya gelindiğinde elde edilen bu gelişmeler, çalışılan proses içi iyileştirme ve atıksu arıtımı alternatiflerinin hayata geçirilmesi ile daha da iyileştirilebilecektir. Ancak, tüm bu kazanımlara ulaşılabilmesi tesis yönetiminin bu yönde girişim yapması ile mümkün olabilecektir. Bu aşamaya kadar, son derece büyük destek ile projenin yürütülmesine büyük katkı sağlayan kuruluşun, projenin sonlandığı bu aşamadan sonra da çalışmalara devam edeceği ve daha iyi iyileşmeler sağlayacağı ümit edilmektedir.

9. REFERANSLAR

- Alinsafia A., da Moota M., Le Bonte S., Pons M.N., Benhammou A. (2006). Effect of variability on the treatment of textile dyeing wastewater by activated sludge. *Dyes and Pigments* 69, 31-39.
- Alp, E., Screening Level Risk Assessment and Risk Ranking Using Matrix Methods: Systematic Process to Identify Undesirable Events and Prioritize Risks for Developing Control Measures.
- APHA (American Public Health Association) (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Ed., Washington, DC.
- Arslan-Alaton, I., 2003. "The Effect of Pre-Ozonation on The Biocompatibility Of Reactive Dye Hydrolysates", *Chemosphere* 51, 825–833.
- Bes-Pia A., Roca-Mendoza J.A., Roig-Alcover L., Iborra-Clar A., Iborra-Clar M.I., Alcaina-Miranda (2003). Comparison between nanofiltration and ozonation of biologically treated textile wastewater for its reuse in the industry. *Desalination* 157, 81-86.
- Boncz M. (2002). Selective oxidation of organic compounds in wastewater by ozone-based oxidation processes. Ph.D Thesis, Wageningen University.
- BTTG, British Textile Technology Group (1999), Report 5: Waste Minimization and BestPractice, (http://www.e4s.org.uk/textileonline/content/10search/fr_search.htm, last accessed 29.08.2007.)
- Capar G., Yilmaz L., Yetiş Ü. (2006a). Reclamation of acis dye bath wastewater: Effect of pH on nanofiltration performance. *Journal of Membrane Science*, 281, 560-569.
- Capar G., Yetiş Ü., Yilmaz L. (2006). Reclamation of printing effluents of a carpet manufacturing industry by membrane processes. *Journal of Membrane Science* 277, 120-128.

- Chakraborty S., Purkait M.K., DasGupta S., De S., Basu J.K., (2003), “Nanofiltration of textile plant effluent for color removal and reduction in COD” *Separation and Purification Technology*, Vol. 31, pp. 141-151
- Churchouse S., Wildgoose D. Membrane bioreactors progress from the laboratory to full-scale use. MBR Technology, Bristol, UK.
- Cooper, S. G., 1978. “The Textile Industry: Environmental Control and Energy Conservation”, Noyes Data Corporation, New Jersey, USA
- Cowan, C.E., Federle, T.W., Larson, R.J., Feijtel, T.C., 1996. “Impact of Biodegradation Test Methods on the Development and Applicability of Biodegradation QSARs”, *SAR and QSAR in Environmental Research*, Volume 5, p. 37–49
- Desimone, J., M., 2002. “Practical Approaches to Green Solvents”, USA; Department of Chemical Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, USA
- EC, 2003. “Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry”, European Commission, July
- EC, 2006. “Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Economics and Cross Media Effects”, European Commission, July
- ECB, 2002. “C.9 Biodegradation: Zahn-Wellens Test”, European Chemical Bureau, Ispra (VA), Italy, April.
- EMG, 1993. “A Preliminary Assessment of the Need and Potential for the Introduction on Clean Technology in Some Industrial Sectors in South Africa”, Environmental Monitoring Group, Western Cape, South Africa
- Eun Kyung Choe, Eun Jong Son, Beom Soo Lee, Sung Hoon Jeong, Hyun Cheol Shin, Jang Seong Choi, (2005). NF process for the recovery of caustic soda and concentration of

disodium terephthalate from alkaline wastewater from polyester fabrics. *Desalination*, 186, 29–37.

EWA (2005). Efficient use of water in the textile finishing industry.

Florio L., Giordano A., Mattioli D. (2005). Nanofiltration of low-contaminated textile rinsing effluents for on-site treatment and reuse. *Desalination*, 181, 283-292.

Georgiou D., Aivasidis A. (2006). Decoloration of textile wastewater by means of a fluidized-bed loop reactor and immobilized anaerobic bacteria. *Journal of Hazardous Materials*, 135, 372-377.

Georgiou D., Hatiras J., Aivasidis A. (2005). Microbial immobilization in a two-stage fixed-bed-reactor pilot plant for on-site anaerobic decolorization of textile wastewater. *Enzyme and Microbial Technology* 37, 597-605.

Goodman G. A. and Porter J. J., (1980) “Water quality requirements for reuse in textile dyeing processes”, *American Dyestuff Reporter*, Vol. 69, pp. 33-37.

HACH Water Analysis Handbook, Loveland, HACH Company, second ed., (1992).

Hafez A., Khedr M., Gadallah H. (2007). Wastewater treatment and water reuse of food processing industries. Part 2: Techno-economic study of a membrane separation technique. *Desalination*, 214, 261-272.

Hendrickx, I., Boardman, G. D., 1995, “Pollution Prevention Studies in the Textile Wet Processing Industry”, Virginia

Howard, P.H., 2000. “Biodegradation”, In: Mackay, D. (Ed.), *Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals, Environmental and Health Sciences*. Lewis, Boca Raton, FL, USA, p. 281–310

- Howard, P.H., Hueber, A.E., Boethling, R.S., 1987. "Biodegradation Data Evaluation for Structure/Biodegradation Relations", *Environmental Toxicology and Chemistry*, Volume 6, p. 1–10
- Irena Petrinic, Niels Peder Raj Andersen, Sonja Sostar-Turk, Alenka Majcen Le Marechal, (2007). The removal of reactive dye printing compounds using nanofiltration. *Dyes and Pigments* 74, 512-518
- Jones, H. R, 1973. "Pollution control in the textile industry", Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, p. 323
- Kothuis, B., Schelleman, F. 1995. "Rough Overview of the Textiles Industry and the Environment", Discussion paper for the Workshop on Biotechnology for Cleaner Production, Institute for Applied Environmental Economics, The Netherlands.
- Koyuncu I., Kural E., Topacık D. (2001). Pilot scale nanofiltration membrane separation for waste management in textile industry. *Water Science and Technology*, 43, 233-240.
- Lapertot, M. E., Pulgarin, C., 2006. "Biodegradability Assessment of Several Priority Hazardous Substances: Choice, Application and Relevance Regarding Toxicity and Bacterial Activity", Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratory of Environmental Biotechnology, Lausanne, Switzerland, January.
- Lodha B. and Chaudhari S. (2007). Optimization of Fenton-biological treatment scheme for the treatment of aqueous dye solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 148, 459-466.
- Lohse, J., et al., 2003. "Substitution of Hazardous Chemicals in Products and Processes", Final Report, Revision 1, Ökopol, Hamburg, March
- Lopes C. N., Petrus J. C. C., Riella H. G., (2005), "Color and COD retention by nanofiltration membranes" *Desalination*, Vol. 172, pp. 77-83

- Mänttari M., Viitikko K., Nyström M. (2006). Nanofiltration of biologically treated effluents from the pulp and paper industry, *Journal of Membrane Science* 272, 152-160.
- Marcucci M., Ciardelli G., Matteucci A., Ranieri L., Russo M. (2002). Experimental campaigns on textile wastewater for reuse by means of different membrane processes. *Desalination*, 149, 137-143.
- Mock B., Hamouda H. (1998). Ozone application to color destruction of industrial wastewater – Part 1: Experimental. *American Dyestuff Reporter*.
- Montano J., Ruiz N., Munoz I., Domenech X., Garcia-Hortal J., Torrades F., Peral J. (2006). Environmental assessment of different photo-Fenton approaches for commercial reactive dye removal. *Journal of Hazardous Materials*, 138, 218-225.
- NCDEHNR, 1995. “Case Studies: A Compilation of Successful Waste Reduction Projects Implemented by North Carolina Businesses and Industries”, North Carolina Department of Environment, Health, and Natural Resources, Office of Waste Reduction, Raleigh, North Carolina
- NCOWR, 1993. “Pollution prevention case studies”, North Carolina Office of Waste Reduction, Raleigh, NC
- Ng A., Kim A. (2007). A mini-review of modeling studies on membrane bioreactor (MBR) treatment for municipal wastewaters. *Desalination*, 212, 261-281.
- Nghiem L. D., Hawkes S., (2007), “Effects of membrane fouling on the nanofiltration of pharmaceutically active compounds (PhACs): Mechanisms and role of membrane pore size” *Separation and Purification Technology*, Vol. 57, pp. 176–184
- Norr, C., Meinecke, S., Brackemann, H., 2000. “Modification of the Zahn-Wellens Test: Determination of the Biodegradability of Poorly Soluble, Adsorbing and Volatile Substances by Measurement of Oxygen Consumption and Carbon Production”, Section Investigation and Evaluation of Substances Hazardous to Waters and Section General

Aspects of Water Quality and Water Management, Federal Environmental Agency, Berlin, Germany, September

Noyes, R., 1992. "Pollution Prevention Technology Handbook", p. 513, Noyes Publication, New Jersey, U.S.A

NYSDEC, 1999. "Environmental Compliance and Pollution Prevention Guide for the Electronics and Computer Industry", New York State Department of Environmental Conservation Pollution Prevention Unit, October

OECD, 2004. "Emission Scenario Document on Textile Finishing Industry", OECD Series on Emission Scenario Documents Number 7, Organisation for Economic Co-operation and Development, Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, Jun

Orhon D., Babuna F.G., Insel G. (2001). Characterization and modelling of denim-processing wastewaters for activated sludge. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 76, 919-931.

OTA, 1995a, "Toxic Use Reduction Case Study: Coolant Substitution at Presmet Corporation", Case Study No. 6 (Revised), Office of Technical Assistance, Commonwealth of Massachusetts, Executive Office of Environmental Affairs

Pala A., Tokat E. (2002). Colorremoval from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives. *Water Research* 36, 2920-2925.

Park, J., Shore, J., 1984. "Water for The Dyehouse: Supply, Consumption, Recovery and Disposal", *Journal of Society of Dyers Colour* 100, 383-399.

PRG, 1998. "Waste Minimisation Guide for the Textile Industry – A step towards Cleaner Production", Pollution Research Group, University of Natal, Volumes 1 and 2

- Provost, J. R., 1992. "Effluent improvement by source reduction of chemicals used in textile printing" *Journal of the Society of Dyers and Colorist*, Volume 108, May/June, p. 260-264
- RAC/CP, 2002. "Mediterranean Action Plan: Pollution Prevention in the Textile Industry within the Mediterranean Region", Regional Activity Centre for Cleaner Production, September, p. 80-219
- Robert Schlesinger, Gerhard Götzinger, Herbert Sixta, Anton Friedl, Michael Harasek, (2006). Evaluation of alkali resistant nanofiltration membranes for the separation of hemicellulose from concentrated alkaline process liquors, *Desalination*, 192, 303–314.
- Sandhya S., Padmavathy S., Swaminathan K., Subrahmanyam Y.V., Kaul S.N. (2005). Microaerophilic-aerobic sequential batch reactor for treatment of azo dyes containing simulated wastewater. *Process Biochemistry* 40, 885-890.
- Slokar Y.M., Le Marechal A.M. (1998). Methods of decoloration of textile wastewaters. *Dyes and Pigments* 37(4), 335-356.
- Smith, B., 1989a. "ATI's dyeing and printing guide", Amer, Textiles Int. (ATI), February
- Smith, B., 1989b. "Pollutant source Reduction: Part II - Chemical handling." *American Dyestuff Reporter*, vol 78, no 4, April, p. 26-28, 30-32
- Smith, B., 1994. "Future Pollution Prevention Opportunities and Needs in the Textile Industry", In: Pojasek, B., ed. *Pollution Prevention Needs and Opportunities*. Center for Hazardous Materials Research, May
- Smith, J.E., and Whisnant R.B., 1988. "Evaluation of a Teflon-based ultraviolet light system on the disinfection of water in a textile air washer", North Carolina Office of Waste Reduction, Raleigh, NC

- Snowden-Swan, L, 1995. "Pollution prevention in the textile industry" in: Industrial Pollution Prevention Handbook. FREEMAN, H. M., McGraw-Hill, Inc, p. 829-845.
- Solmaz S., Birgül A., Üstün G., Yonar T. (2006). Colour and COD removal from textile effluent by coagulation and advanced oxidation processes. Coloration Technology, 122, 102-109.
- Stanislaw L., Gonera M. (1999). Optimisan of oxidants dose for combined chemical and biological treatment of textile wastewater. Water Research 33 (11), 2511-2516.
- Steffen, Robertson and Kirsten, 1993. "Water and Waste-Water Management in the Textile Industry", Steffen Robertson and Kirsten Ltd., Water Research Commission, Pretoria, South Africa
- Thorpe, B., 2005. "The Substitution Principle: How to Really Promote Safer Chemical Use", Clean Production Action, June
- Tizaoui C., Bouselmi L., Mansouri L., Ghrabi A. (2007). Landfill leachate treatment with ozone and ozone/hydrogen peroxide systems. Journal of Hazardous Materials, 140, 316-324.
- UBA, 2001. "Best Available Techniques (BAT) Reference Document - Germany"
- USEPA, 1995. "Manual - Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry"
- USEPA, 1997. "EPA Office of Compliance Sector Notebook Project: Profile of the Textile Industry", Office of Compliance, Office of Enforcement and Compliance Assurance, U.S. Environmental Protection Agency, Washington
- Üstün G., Solmaz S., Birgül A. (2007). Regeneration of industrial district wastewater using a combination of Fenton process and ion exchange – a case study. Resources Conservation and Recycling, 52, 425-440.

Vandevivere P., Bianchi R., Verstraete W. (1998). Treatment and reuse of wastewater from textile wet-processing industry: review of emerging technologies. *Journal of Chem. Technol. Biotechnol*, 72, 289-302.

Walker G.M., Weartherley L.R. (1999). Biological activated carbon treatment of industrial wastewater in stirred tank reactors. *Chemical Engineering Journal* 75, 201-206.

Wynne, G., Maharaj, D., Buckley, C., 2001. "Cleaner Production in the Textile Industry – Lessons From the Danish Experience", South African Dyers and Finishers Association, Natal Branch Pollution Research Group, School of Chemical Engineering, University Of Natal, Durban, 4041

Zheng X. and Liu J. (2006). Dyeing and printing wastewater treatment using a membrane bioreactor with a gravity drain. *Desalination*, 190, 277-286.

URL1:[http://home.pacific.net.sg/~thk/risk.html#1.2%20Hazard%20and%20Operability%20studies\(HAZOP\)](http://home.pacific.net.sg/~thk/risk.html#1.2%20Hazard%20and%20Operability%20studies(HAZOP))

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 105Y088
Proje Başlığı: Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC Direktifi İle Uyum Çalışmaları: BAT Uygulamaları
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof. Dr. Ülkü Yetiş, Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Göksel Demirer, Doç.Dr. Mehmet Kitiş, Dr. Merih Kerestecioğlu, Prof. Dr. Levent Yılmaz, Teoman Sanalan, Ece Tok, Veysel Aslan, Ahmet Rifat İlhan, Yavuz Gördük, Murat Ersin Şahin, Abdullah Yenigün
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İnönü Bulvarı 06531 Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Diğer kuruluşların desteği söz konusu değildir.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15.10.2005-15.01.2008
Öz (en çok 70 kelime) Bu çalışma, Türkiye'de bir tekstil işletmesi için IPPC (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü) Direktifi kapsamında "Mevcut En İyi Teknikler" in ilk uygulaması ve değerlendirmesidir. IPPC Direktifi'nin hayata geçirilmesinde rehber olacak bir "en iyi uygulama örneği" tekstil sektörü için geliştirilmiş ve bu kapsamda işletme için "Mevcut En İyi Teknik" ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu stratejiyle uyumlu olarak, üretim süreçlerinin BREF Tekstil Dokümanı ile karşılaştırılması yapılmış, atıksuların geri kullanım amaçlı artırılabilirliği, su kullanımının ve atıksu üretiminin azaltımı, çevresel risk analizi ve kimyasal değişikliği üzerine çalışılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Atıksu yönetimi, BAT, BREF Tekstil Dokümanı, IPPC Direktifi, Tekstil endüstrisi
Projeden Yapılan Yayınlar: N.O. Yiğit, İ. Harman, N. Uzal, H. Yükseler, Ü. Yetiş, G. Civelekoğlu, M. Kitis, "Tekstil Endüstrisi Atıksularının Pilot-Ölçek Membran Biyoreaktörüyle (MBR) Arıtımı", Mersin Üniversitesi, Ulusal Çevre Sempozyumu 2007, Nisan 2007 (sözlü sunum). M. Unlu, H. Yükseler, N. Uzal, M. Kitis, G.N. Demirer, F.B. Dilek, U.Yetis, "Indigo Dyeing Wastewater Reclamation By Microfiltration And Coagulation Processes", PERMEA 2007 (Macaristan, Ekim 2007) (sözlü sunum). M. Unlu, H. Yükseler, U. Yetis, "Indigo Dyeing Wastewater Reclamation by Coagulation and Membrane Processes", Protection and Restoration of the Environment IX, June 29-July 3, 2008, Kefalonia, GREECE, (sözlü sunuma kabul edildi) Erkan Sahinkaya, Nigmet Uzal, Ulku Yetis and Filiz B. Dilek, "Biological treatment and

nanofiltration of denim textile wastewater for reuse”, Journal of Hazardous Materials, Yayın aşamasında, 25 Eylül 2007’den itibaren www.sciencedirect.com’dan erişilebilir

Nigmet Uzal, Levent Yılmaz and Ulku Yetis, “Microfiltration: a pretreatment alternative for indigo dyeing textile wastewater”, Desalination, 199 (1-3), 20 Kasım 2006, 515-517

N.O. Yiğit, N. Uzal, H. Koseoglu, I. Harman, H. Yükseler, U. Yetiş, G. Civelekoğlu, M. Kitiş, “Treatment of a Denim Producing Textile Industry Wastewater Using Pilot-Scale Membrane Bioreactor”, PERMEA 2007 (Macaristan, Ekim 2007) (sözlü sunum).

H. Yükseler, N. Uzal M. Unlu, C. Varol, E. Şahinkaya, N.O. Yigit, L. Yılmaz, M. Kitis, G.N. Demirer, F.B. Dilek, U. Yetis, “Integrated Wastewater Management in a Denim Manufacturing Textile Mill-Implementation of EU’s IPPC Directive”, 6th IWA Specialist Conference on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability (Ekim 9-12, 2007, Belçika) (sözlü sunum).

M. Mungan, U. Yetis, "Environmental Risk Assessment of a Textile Factory in Turkey", Second Annual YOK-SUNY Collaboration Symposium: Scientific Collaboration For Sustainable Development, May 23-25, 2007, Cukurova University, Adana, TURKEY (sözlü sunum).

M. Mungan, U. Yetis, "Risk Assessment and Risk Management of a Textile Factory in Turkey with respect to industrial accidents resulting from hazardous chemicals", NATO Advanced Workshop Energy and Environmental Challenges to Security, November 21-23, 2007, Budapest, HUNGARY, (sözlü sunuma kabul edildi).

M. Mungan, U. Yetis, E. Alp, "Risk Analysis and Risk Management System of a Textile Mill in Turkey", Protection and Restoration of the Environment IX, June 29-July 3, 2008, Kefalonia, GREECE, (sözlü sunuma kabul edildi)

A. Merve Kocabaş, Hande Yükseler, Filiz B. Dilek, Ülkü Yetiş, "Adoption of EU's IPPC Directive: Optimization of Water and Energy Consumption in a Textile Mill", PROTECTION AND RESTORATION OF THE ENVIRONMENT IX, 29 June-3 July, 2008, Kefalonia, Greece (sözlü sunuma kabul edildi)

A. Merve Kocabaş, Hande Yükseler, Filiz B. Dilek, Ülkü Yetiş, "Avrupa Birliği IPPC Direktifi Çerçevesinde Bir Tekstil Fabrikasında Su Kullanımı Performans Değerlendirmesi", İTÜ 11. ENDÜSTRİYEL KİRLENME KONTROLÜ SEMPOZYUMU, 11-13 Haziran, 2008, İstanbul, Türkiye (sözlü sunuma kabul edildi)

EK 1



T.C.
ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
İnönü Bulvarı, 06531 Ankara

Tel : 0-312-210 2641
Fax : 0-312-210 1260
e-mail : uyetis@metu.edu.tr

Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC Direktifi ile Uyum Çalışmaları: BAT Uygulamaları



Projesi

Tekstil Sektörü Anket Çalışması

Bu anket çalışması, TÜBİTAK desteğiyle gerçekleştirilen 105Y088 no.lu “*Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü) Direktifi ile Uyum Çalışmaları: BAT (Best Available Techniques, Mevcut En İyi Teknikler) Uygulamaları*” projesi kapsamında gerçekleştirilmektedir. Anketin amacı, AB üyesi ülkelerde sanayi kuruluşları için bağlayıcı nitelikli olan IPPC Direktifi kapsamına girecek Türk tekstil kuruluşlarını ve bu kuruluşların kapasitelerini ortaya çıkartmak, bu çerçevede AB’ye uyum sürecinde Türk tekstil sektörünün durumunu analiz etmektir.

Elde edilecek veriler, bütünüyle saklı tutulacak olup, yalnızca anket sonucunda elde edilecek “*Türkiye’de toplam kaç tekstil kuruluşunun IPPC direktifi kapsamına girdiği*” bilgisi 3.şahıslarla paylaşılacaktır. Proje kapsamında yürütülen çalışmaların sonuçları, proje sonunda (2007 yılı sonu), yapılacak bir çalıştay ile sektörle paylaşılacaktır.

Anket çalışmasına katkılarınız AB’ye uyum sürecinde Türk tekstil sanayi için önemli bir katkı sağlayacaktır. Katkılarınız için şimdiden çok teşekkür ederim.

Prof. Dr. Ülkü Yetiş
Proje Yürütücüsü
ODTÜ Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi

İletişim bilgileri:
Telefon: (0312) 210 58 80/26 52/58 58/58 68
Faks: (0312) 210 12 60
e-posta: ippc@metu.edu.tr, uyetis@metu.edu.tr
www.ippcturkey.org, www.ippcturkiye.org

**Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC Direktifi ile Uyum Çalışmaları:
BAT Uygulamaları**



Projesi

Tekstil Sektörü Anketi

Firma adı:.....

Fabrika Sayısı: (Lütfen her fabrika için ayrı bir anket formu doldurunuz)

I. Genel Bilgiler

Fabrika Adı:.....

Adresi: İli:.....

Telefon: 0(.....) (.....) Faks: 0(.....) (.....)

Anketi dolduran kişinin:

Adı soyadı:.....

Birimi:.....

Görevi:.....

Telefon: 0(.....) (.....) Faks: 0(.....) (.....)

e-posta:.....@.....

II. Personel Bilgileri

1. Firmaya bağlı tekstil fabrikasında çalışan personel sayısını aşağıda verilen tabloya giriniz.

Toplam personel sayısı

Mühendis	Teknisyen	İşçi	İdari	Usta	Kalfa	Çırak

III. Üretim Bilgileri

1. Günlük tekstil üretim kapasitesi (yıkama, ağartma, mersevizasyon vb. ön terbiye prosesleri ve boyama proseslerinin bir ya da birkaçından geçerek üretilen) 10 ton'un üzerinde mi?

Evet Hayır

2. Fabrikanızda günlük üretim kapasitesi ne kadardır?

<1 ton/gün

1-5 ton/gün

6-10 ton/gün

11-50 ton/gün

51-100 ton/gün

>100 ton/gün

3. Lütfen tesisinizde uygulanan; ve "yıkama, ağartma, mersevizasyon, boyama" proseslerinin bir ya da birkaçını içeren üretim süreçlerini (1'den fazla işaretlenebilir) işaretleyiniz.

İplik üretimi

Kumaş dokuma

İplik boyama

Kumaş boyama

Halı dokuma

Halı boyama

Teşekkür ederiz...



ORTANADOLU



TEKSTİL SEKTÖRÜNDE AVRUPA BİRLİĞİ IPPC DİREKTİFİ İLE UYUM ÇALIŞMALARI: BAT UYGULAMALARI
PROJESİ ÇALIŞTAY PROGRAMI

14 Kasım 2005, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi D-Salonu, Ankara

10:00 Açılış Konuşmaları

Prof. Dr. Ülkü YETİŞ
Proje Yürütücüsü, ODTÜ
Çevre Mühendisliği Bölümü

Burcu ALTINORDU
Uzman, T.C. Başbakanlık Avrupa
Birliği Genel Sekreterliği

10:50 Çay-Kahve Arası

11:20 Ece TOK
EKHK Şube Müdürü
T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı
"IPPC Direktifi ve Türkiye"

11:40 Prof. Dr. Ülkü YETİŞ
Proje Yürütücüsü, ODTÜ
Çevre Mühendisliği Bölümü
"Proje Tanıtımı"

12:00 Tuba ILGAZ

Türkiye Tekstil Terbiye Sanyacıları Derneği
"IPPC Direktifi ve Avrupa Tekstil Sektöründen
Uygulama Örnekleri"

12:20 Yemek Arası

14:00 Nihan SERT

Kalite Bölümü
Orta Anaolu Mensucat A.Ş.
"Orta Anaolu Mensucat A.Ş. ve Projedeki Yeri"

14:20 Prof. Dr. Göksel N. Demirel
ODTÜ
Çevre Mühendisliği Bölümü
"Kirlilik Önleme Kavramı ve Tekstil
Sektöründeki Uygulamaları"

14:40 Genel Değerlendirme

15:10 Kapanış Resepsiyonu

PROGRAM
10:00 Açılış Konuşmaları
10:50 Çay-Kahve Arası
11:20 Ece TOK EKHKK Şube Müdürü, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı "IPPC Direktifi ve Türkiye"
11:40 Prof. Dr. Ülkü YETİŞ Proje Yürütücüsü, ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü "Proje Tanıtımı"
12:00 Araş Gör. Tuba ILGAZ Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği "IPPC Direktifi ve Avrupa Tekstil Sektöründen Uygulama Örnekleri"
12:20 Yemek Arası
14:00 Nejat BÜYÜKMIHÇI Operasyon Müdürü, Orta Anadolu Mensucat A.Ş. "Orta Anadolu Mensucat A.Ş ve Projedeki Yeri"
14:20 Prof. Dr. Gökse N. DEMİRER ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü "Kirlilik Önleme Kavramı ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları"
14:40 Genel Değerlendirme
15:10 Kapanış Resepsiyonu

Amaç: Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerde sanayi kuruluşlarının faaliyetleri ve yol açtıkları kirlenme, "entegre kirlilik yönetimi" yaklaşımı ile yönetilmekte ve sanayi kuruluşlarının sadece deşarj ya da emisyonları için limit değerler konularak yol açtıkları kirlenmenin kontrol edilmesi yerine, kirlenmenin üretim süreci ile birlikte değerlendirildiği bir ana yaklaşım benimsenmektedir. Bu proje, örnek bir tekstil tesisi bünyesinde IPPC Direktifi'nin gerektirdiği "mevcut en iyi teknikler" (best available techniques, BAT) uygulamaları gerçekleştirmeyi ; bu yönde alternatif arıtma teknolojilerini araştırmayı; tüm bu uygulamaların maliyet analizlerini; ve yapılan çalışmaların sonuçlarının tekstil sektörüne yayılmasını hedeflemektedir .

Yer: ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi B-Salonunda gerçekleştirilecektir

Çalıştay ücretsizdir.

**14 Kasım, 2005 Ankara
IPPC-Tekstil-BAT Uygulamaları
Çalıştay Kayıt Formu**

İsim:.....
Soyad:.....
Kurum:.....
Mesleği:.....
Görevi:.....

İletişim Bilgileri:
e-posta:.....
Telefon:.....
Faks:.....

Çalışmaya katılmak istiyorum []

Doldurulmuş formu veya bu anlamda bir yazıyı lütfen e-posta veya faks ile ippc@metu.edu.tr adresine veya 0312 2101260 faks numarasına 12 Kasım 2005 tarihine kadar iletiniz.

İletişim

Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Çevre Mühendisliği Bölümü, 06531
Ankara

e-posta: ippc@metu.edu.tr
Tel: 0 (312) 210 2652 / 210 5880
Faks: 0 (312) 210 1260

Çalıştayla ilgili tüm yazışmanın yukarıda gösterilen resmi yazışma adresiyle yapılması gerekmektedir. Çalıştay ile ilgili güncellemeler aşağıda gösterilen çalıştay web sitesinden izlenebilir.

www.enve.metu.edu.tr/ippc-tekstil/index.html

Lütfen, ekteki katılım formunu doldurarak faks yolu ile göndererek 12 Kasım 2005 tarihine kadar çalıştaya kaydınızı yaptırınız.



ÇALIŞTAYA DAVET

**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE AVRUPA
BİRLİĞİ IPPC DİREKTİFİ İLE
UYUM ÇALIŞMALARI: BAT
UYGULAMALARI PROJESİ**



14 Kasım 2005, Ankara

www.enve.metu.edu.tr/ippc-tekstil/index.html

Organizasyon

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara

Projeyi Yürüten Kuruluşlar

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Orta Anadolu Mensucat A.Ş.
T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı
Süleyman Demirel Üniversitesi

Projeyi Destekleyen Kuruluşlar

TÜBİTAK
T.C. Başbakanlık Avrupa Birliği Genel Sekreterliği



ORTANADOLU

PROGRAM
10:00 Açılış Konuşmaları
10:50 Çay-Kahve Arası
11:20 IPPC Direktifi ve Türkiye
11:40 Tekstil –Bref Dokümanı
12:00 Projenin Tanıtımı
12:20 Yemek Arası
14:00 Araştırma Sonuçları
14:20 Genel Kazanımlar
14:40 Genel Değerlendirme
15:10 Kapanış Resepsiyonu

Amaç: Avrupa Birliği üyesi ülkelerde sanayi kuruluşlarının faaliyetleri ve yol açtıkları kirlenme, “entegre kirlilik yönetimi” yaklaşımı ile yönetilmekte ve sanayi kuruluşlarının sadece deşarj ya da emisyonları için limit değerler konularak yol açtıkları kirlenmenin kontrol edilmesi yerine, kirlenmenin üretim süreci ile birlikte değerlendirildiği bir ana yaklaşım benimsenmektedir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde, TÜBİTAK’ın desteği, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın da katkıları ile yürütülen bu projede, örnek bir tekstil tesisi bünyesinde IPPC Direktifi’nin gerektirdiği “mevcut en iyi teknikler” (BAT) uygulamaları kapsamında atık önleme, azaltma ve atık bertaraf yöntemleri değerlendirilmiş; bu yönde alternatif arıtma teknolojileri araştırılmış ve endüstriyel kaza riski analizi yapılmıştır. Çalıştay’da, tüm bu uygulamaların sonuçlarının, tekstil sektörü ile paylaşılması ve bulguların tartışılması hedeflenmektedir.

Yer: ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi C-Salonu

4 Ocak, 2008 Ankara
 IPPC-Tekstil-BAT Uygulamaları
 Sonuç Çalıştaya Kayıt Formu

İsim:.....
 Soyad:.....
 Kurum:.....
 Mesleği:.....
 Görevi:.....

İletişim Bilgileri:

e-posta:.....
 Telefon:.....
 Faks:.....

Çalıştaya katılmak istiyorum []

Doldurulmuş formu veya bu anlamda bir yazıyı lütfen e-posta veya faks ile ippc@metu.edu.tr adresine veya 312-210 2646 faks numarasına 2 Ocak 2008 tarihine kadar iletiniz.

İletişim

Çevre Mühendisliği Bölümü
 Orta Doğu Teknik Üniversitesi
 06531, Ankara

e-posta: ippc@metu.edu.tr
 Tel: (312) 210 2652 / 210 5880
 Faks: (312) 210 2646

Çalıştayla ilgili tüm yazışmanın yukarıda gösterilen resmi yazışma adresiyle yapılması gerekmektedir. Çalıştay ile ilgili güncellemeler aşağıda gösterilen çalıştay web sitesinden izlenebilir.

www.enve.metu.edu.tr/ippc-tekstil/index.html

Lütfen, ekteki katılım formunu doldurarak faks yolu ile göndererek 2 Ocak 2008 tarihine kadar çalıştaya kaydınızı yaptırınız.

Çalıştay ücretsizdir.



ÇALIŞTAYA DAVET

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE AVRUPA BİRLİĞİ IPPC DİREKTİFİ İLE UYUM ÇALIŞMALARI: BAT UYGULAMALARI PROJESİ



4 Ocak 2008, Ankara

www.enve.metu.edu.tr/ippc-tekstil/index.html

Organizasyon

Çevre Mühendisliği Bölümü
 Orta Doğu Teknik Üniversitesi
 Ankara

Projeyi Yürüten Kuruluşlar

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
 Orta Anadolu Mensucat A.Ş.
 T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı
 Süleyman Demirel Üniversitesi

Projeyi Destekleyen Kuruluşlar

TÜBİTAK



ORTAANADOLU



AVRUPA BİRLİĞİ IPPC DİREKTİFİ VE TEKSTİL SEKTÖRÜ



*Bu broşür TÜBİTAK desteği ile gerçekleştirilen 105Y088 no.lu
“Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC Direktifi ile Uyum Çalışmaları: BAT
Uygulamaları”
projesi kapsamında hazırlanmıştır.*

IPPC NEDİR?

Integrated Pollution Prevention and Control

Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü

IPPC-Uygulama Süreci

- ❖ Eylül 1996 tarihli 96/61/EC Konsey Direktifi
- ❖ Ekim 1999 Yürürlüğe Giriş
- ❖ Ekim 2007 AB Üyesi Ülkelerde Zorunlu Uyum

Bu direktifin amacı, kapsadığı faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin entegre bir yaklaşımla önlenmesi ve kontrolünün sağlanmasıdır. Direktif, yüksek seviyede bir çevre korumanın sağlanabilmesi amacıyla, atıklarla ilgili önlemler de dahil olmak üzere, bahsi geçen faaliyetlerden kaynaklanan, havaya suya ve toprağa verilen kirliliklerin önlenmesi, bunun mümkün olmaması durumunda ise azaltılması için alınması gereken önlemleri ortaya koyar.

IPPC-Madde 1

IPPC Kapsamındaki Sektörler

- ❖ Enerji Sektörü
- ❖ Metal Üretim ve İşletim Sektörü
- ❖ Mineral Endüstrisi
- ❖ Kimya Endüstrisi
- ❖ Atık Yönetimi
- ❖ Diğer Aktiviteler (Kağıt Sanayi, **Tekstil Sanayi**, Mezbahalar vb.)

IPPC-Ek 1



Ek 1’de sıralanan sektörlerin faaliyetlerini sürdürebilmeleri için denetleyici kuruluştan **“İZİN”** almaları gerekmektedir.

İzinler, Direktifin 2. maddesinde yer alan, **BAT (Best Available Techniques-Mevcut En İyi Teknik)** esaslarının uygulanmasına dayanmaktadır.

BAT (Best Available Techniques-Mevcut En İyi Teknik)

"Mevcut"

maliyetlerin ve avantajların birlikte değerlendirilmesi ile ekonomik ve teknik olarak geliştirilen metotlar

"En iyi"

çevreyi bir bütün olarak koruma hedefli en etkin yol

'Teknik'

kullanılan teknoloji ve tesisin mevcut durumu

'Mevcut En İyi Teknikler' terimi prensip olarak emisyonların her yönüyle çevre üzerine etkilerini önlemek, bunun mümkün olmadığı durumlarda da emisyonları ve çevre üzerine etkilerini olduğunca azaltmak amacıyla tasarlanmış olan emisyon limit değerlerini sağlayan özel tekniklerin uygunluklarını ortaya koyan faaliyetlerin ve bunlara ait uygulama yöntemlerinin geliştirilmesinde en etkili ve ileri aşama olarak tanımlanmaktadır.

IPPC- Madde 2.11

BAT Dökümanları (BREF) "referans" niteliğindedir.

İzinler denetleyen kurum/kuruluş tarafından verilir.

IPPC-Madde 9

IPPC ne getiriyor?

- ❖ Enerji, hammadde ve su kullanımında tasarruf
 - ❖ Üretim veriminde artış
 - ❖ Atık bertaraf maliyetlerinde azalma
- ❖ Çevresel değerler ve insan sağlığı üzerindeki risklerde azalma

BAT-Tekstil Sektörü

Günlük işlem kapasitesi 10 tonu geçen, ön terbiye yapan (yıkama, ağartma, merserizasyon, vb) veya iplik veya tekstil boyama yapan mevcut ya da yeni kurulacak işletmeler

IPPC Ek 1. Bölüm 6.2

Avrupa Birliği IPPC Direktifi'ne uyum çerçevesinde Türkiye için örnek bir çalışma niteliğinde olan **TÜBİTAK** destekli,

“Tekstil Sektöründe AB IPPC Direktifi ile Uyum Çalışmaları: BAT Uygulamaları”

projesi **Orta Doğu Teknik Üniversitesi**, **Orta Anadolu Mensucat A.Ş.**, **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı** ve **Süleyman Demirel Üniversitesi** nin değerli katkılarıyla Türk Tekstil Sektörü için bir **İLK** olacaktır.



TEŞEKKÜR

Orta Anadolu Mensucat A. Ş. ye desteklerinden ve katkılarından ötürü teşekkürlerimizi sunarız.

Projeyi Yürüten Kuruluşlar

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Orta Anadolu Mensucat A.Ş.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı

Süleyman Demirel Üniversitesi



Projeyi Destekleyen Kuruluşlar

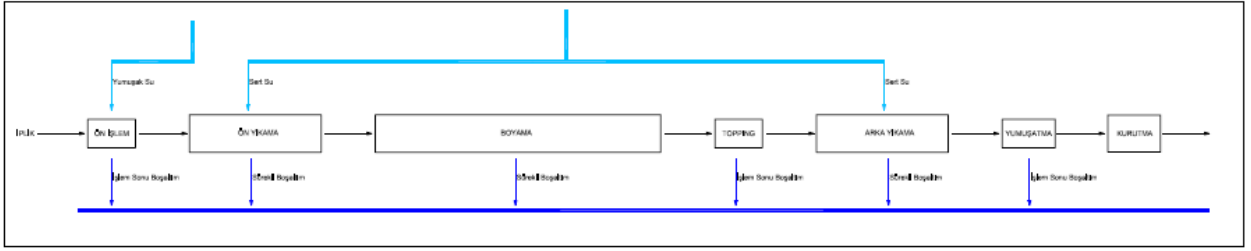
TÜBİTAK

T.C. Başbakanlık Avrupa Birliği Genel Sekreterliği

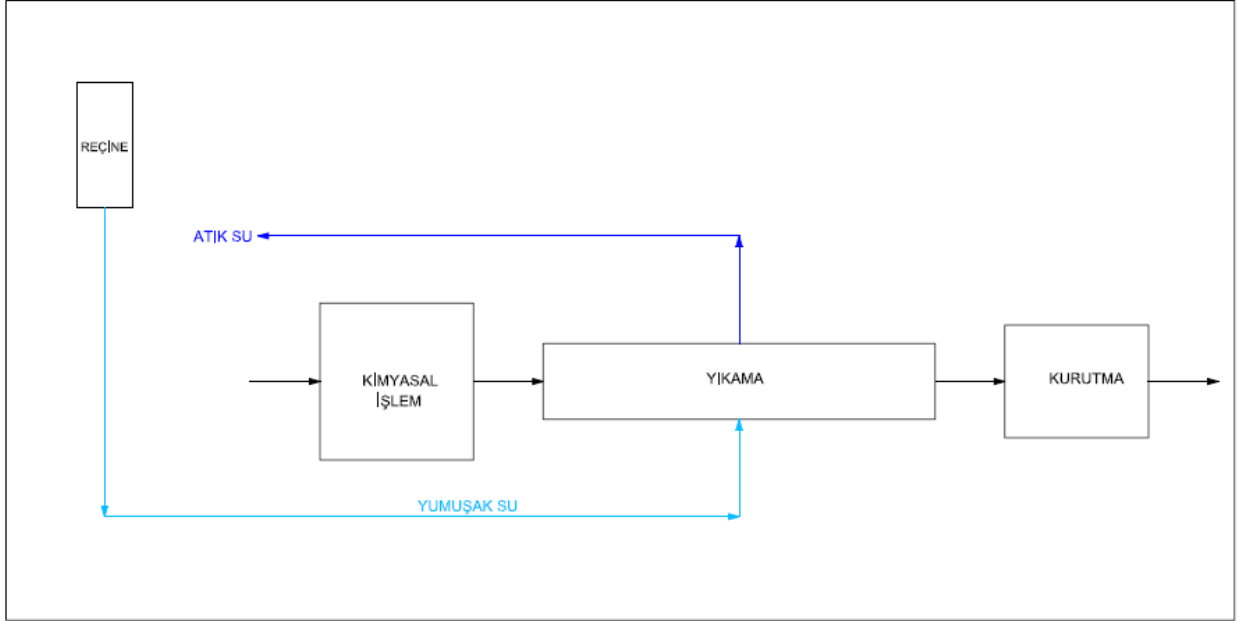


EK 2

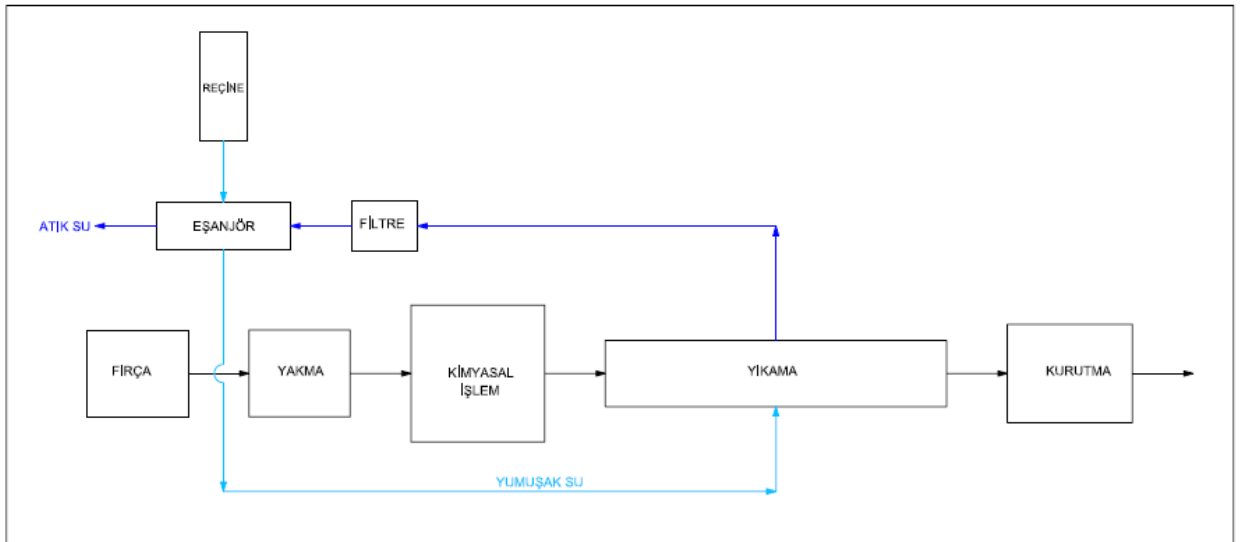
INDİGO BOYAMA



TERBİYE MAKİNE 1, 2 ve 3 GENEL AKIM ŞEMASI



TERBİYE MAKİNE 4 ve 5 GENEL AKIM ŞEMASI



EK 3

**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE AVRUPA BİRLİĞİ IPPC DİREKTİFİ İLE UYUM
ÇALIŞMALARI: BAT UYGULAMALARI**

TÜBİTAK PROJESİ

**KİRLİLİK ÖNLEME ÇALIŞMALARI
(ALT-PROJE 2)**

ÖN RAPORU

MAYİS, 2006

ANKARA

YÖNETİCİ ÖZETİ

Proje “Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC Direktifi ile Uyum Çalışmaları: BAT Uygulamaları” başlığı altında, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Orta Anadolu Ticaret ve Sanayi İşletmesi A.Ş. ile birlikte yürütülmektedir. Projenin temel amacı Avrupa Birliği’ne uyum ve IPPC Direktifi çerçevesinde Türkiye tekstil sektörüne üniversite-sanayi-kamu üçlüsünün örnek bir BAT uygulaması çalışması gerçekleştirmektir.

Proje başlığı altında, 5 Alt Proje Grubu bulunmaktadır. Mevcut alt gruplardan ikincisi, ‘Örnek BAT (Mevcut En İyi Teknik) Uygulaması’ olarak adlandırılmıştır. Avrupa Birliği IPPC Direktifi’nin Tekstil Endüstrisi özelindeki BAT Referans Dokümanı kapsamındaki “Mevcut En İyi Teknikler” in pilot tesis olarak seçilen Orta Anadolu Ticaret ve Sanayi İşletmesi A.Ş. için araştırılmasını ve uygulanmasını içermektedir. Bu aşama, tesiste uygulanması söz konusu olabilecek proses içi değişikliklerin tespitini ve bu değişiklik önerilerinin mümkün olduğu koşullarda denenmesini içermektedir. Ürün kalitesinden taviz verilmeksizin, emisyonların en aza indirilmesi ve bunun en düşük maliyetle yapılması olanakları araştırılmaktadır.

İkinci alt grup çalışmalarının ilk aşamasında tesis ziyaret edilmiş, işletmedeki prosesler, kullanılan hammaddeler ve işlemler incelenmiş, uygun kirlilik önleme ve arıtma teknikleri üzerinde çalışabilmek için gerekli olan proses tanıma aşaması gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, kirlilik önleme çalışmasının bir parçası olan atık denetimi uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi için tüm atıkların cins, miktar ve içeriklerinin karakterizasyonu, tüm deşarjların ve mevcut arıtım metotlarının belirlenmesi, değerlendirilmesi, her türlü atık bertaraf maliyetlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile uygulanacak yaklaşımın belirlenmesine yönelik ilk çalışmalar başlatılmıştır.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında, tesis gezisinde elde edilen proses bilgileri ile Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı üzerinde çalışılmış ve “Mevcut En İyi Teknikler” arasından işletmede uygulanması olası görülenler seçilmiştir. Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı’ndan tesis prosesleri ile ilgili olduğu için seçilen kirlilik önleme ve azaltma olanakları prosesler özelinde, işletmenin tüm uygulamaları göz önünde bulundurularak

incelenmiş ve proses değerlendirmeleri sonucunda 22 adet uygulanabilir Kirlilik Önleme ve Azaltma Seçeneği belirlenmiştir.

Düzenlenen ikinci tesis ziyaretinde çalışmalar sonucu belirlenen bu kirlilik önleme olanakları ile ilgili işletmenin teknik personeli ile seçeneklerin uygulanabilirliği konusunda birlikte çalışılmıştır. Önerilen her bir kirlilik önleme ve azaltma olanağı için ilgili proses müdürleri ile konuşulmuş, onların üretim deneyimleri ve bilgilerinden yararlanılarak söz konusu ilk dizi önerilerden uygulanamayacağına karar verilenler elenmiştir. Onbir tane kirlilik önleme olanağının uygulanabilir olduğuna karar verilmiş ve seçenekler üzerinde detaylı çalışılmalar yapılmıştır.

Çalışmalar sonunda yapılan bir sonraki tesis ziyaretinde, üzerinde çalışılacağı düşünülen bu onbir Kirlilik Önleme ve Azaltma seçeneği ile ilgili olarak detaylı bir şekilde konuşulmuş, çalışmanın bir sonraki bölümünde işletme katılımının sağlanabileceği seçenekler üzerinde durulmaya karar verilmiştir.

Bunlar,

Alternatif kimyasal kullanımı,

İndigo hattı yıkama suyunun yeniden kullanımı ve tasarrufu,

Halat boyamada ters akım prensibi ile yıkama,

Ramözlerin optimizasyonu,

Kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi şeklinde sıralanabilmektedir.

Tüm bunların yanında, tesis ziyaretleri sırasında BAT önerileri dışında da tesiste gözlemlenip, işletme katılımı ile üzerinde çalışılabileceği düşünülen, barabanları yıkama suyunun yeniden kullanım çalışmaları gibi seçenekler için de detaylı çalışmaların yapılması söz konusu olacaktır.

Tüm bu çalışmalar ve çalışmalara dair gelişmelerle ilgili bilgiler raporda detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

1. Orta Anadolu için Uygulanması Önerilen Kirlilik Önleme ve Azaltma Tedbirleri

İşletmenin uyguladığı proseslere dair bilgilerin ediniminden sonra, Tekstil Sektörü BAT Referans Dökümanı üzerinde çalışılmış ve “Mevcut En İyi Teknikler” arasından işletme ile ilgili olanlar seçilmiştir. Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı’ndan tesis ile ilgili olduğu için seçilen kirlilik önleme ve azaltma olanakları prosesler özelinde, işletmenin kullandığı tüm uygulamalar göz önünde bulundurularak incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında belirlenen bu kirlilik önleme olanakları ile ilgili 6-8 Şubat 2006 tarihinde düzenlenen ikinci tesis ziyaretinde işletmenin teknik personeli ile bu olanakların uygulanabilirliği konusunda birlikte çalışılmıştır. Önerilen her bir kirlilik önleme ve azaltma olanağı için ilgili proses müdürleri ile konuşulmuş, onların üretim deneyimleri ve bilgilerinden yararlanılarak söz konusu ilk dizi önerilerden uygulanamayacağına karar verilenler listeden çıkartılmıştır. Çalışmanın ilk aşaması sonucunda ortaya çıkan bu ilk dizi kirlilik önleme olanakları, EK 4.1’de verilmektedir.

6-8 Şubat 2006 tarihinde gerçekleştirilen tesis ziyaretinde, proses müdürleriyle yapılan fikir alışverişi sonucunda da, söz konusu kirlilik önleme olanaklarından 10 adedinin uygulanabilir olduğuna karar verilmiş ve seçenekler üzerinde çalışılmaya karar verilmiştir. Üzerinde çalışılmakta olunan bu seçenekler listesi EK 4.2’de, bu çalışmalarla ilgili detaylı bilgiler ve gelişmeler de üçüncü bölümde verilmektedir.

24 Mayıs 2006 tarihinde gerçekleştirilmiş olan tesis ziyaretinde EK 4.2’de verilen alternatifler üzerinde durulmuş ve bu alternatiflerden işletme katkısı ile çalışılmaya devam edilecek olan seçeneklere karar verilmiştir. Bölüm 2’de bu seçeneklerle ilgili planlanan çalışmalar konusunda bilgi verilmiştir.

1.1. Alternatif Kimyasal Kullanımı

Tekstil endüstrisinin çevreye verdiği en önemli etki, proseslerden oluşan endüstriyel atıksular ile bu atıksuların içerdiği kimyasal maddelerden kaynaklanmaktadır. Tekstil fabrikalarında kullanılan toplam kimyasal madde miktarı, üretilen toplam kumaş ağırlığının %10’u ile %100’ü arasında değişiklik gösterebilmektedir (Hendrickx ve Boardman,1995). Tekstil

endüstrisinde kullanılan kimyasalların tür ve miktarı; ortaya çıkan atık tür ve miktarı ile bu atıkların alıcı ortama yapacağı etkiyi belirlemektedir. Kirlilik önleme çalışmalarındaki kritik aşamalardan birisi de kullanılan kimyasalların denetlenmesi yöntemi ile toksik, tehlikeli, vb. özellikleri daha düşük kimyasallar ile değiştirilmeleridir. Kimyasal madde değişimi; ürünlerde ve proseslerde kullanılan tehlikeli ve zararlı kimyasalların daha zararsız ve daha az tehlikeli olanlarıyla değiştirilmesi ve/veya kimyasal madde kullanımının azaltılması anlamına gelmektedir (USEPA, 1997).

Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'nın "2.1.2. Kimyasallar ve Yardımcı Maddeler" bölümünde de tekstil sanayiinde çok fazla miktarda organik boyarmaddeler/pigmentler ve yardımcı maddeler kullanıldığı belirtilmekte ve BAT dokümanında bu kimyasallar şu kategorilere ayrılmaktadırlar:

- Boyarmaddeler ve pigmentler
- Bütün inorganik kimyasal, organik indirgen ve yükseltgen maddeler ve alifatik organik asitleri içeren temel kimyasallar
- Organik indirgen ve yükseltgen maddeler ile alifatik organik asitler dışında kalan temel organik bileşikler başta olmak üzere, tüm tekstil yardımcı maddeleri.

Yine, Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'nda, tüm proseslerde (Ön işlem, Boyama, Ard-işlem ve Finiş) kullanılacak kimyasalların seçimleri ile ilgili aşağıdaki esasların göz önüne alınması gerektiği vurgulanmaktadır;

- Biyolojik olarak parçalanabilirliği yüksek olan,
- Biyolojik olarak elimine edilebilirliği yüksek olan,
- Toksisitesi az olan veya olmayan kimyasalların seçimi.

Olası Kimyasal Değişiklikleri

Problemleri görünen kimyasalların saptanması ve eşleniklerinin bulunması ile ilgili olarak ilk işlem; Orta Anadolu'nun kullandığı bütün kimyasalların belirlenip, MGBF (Malzeme Güvenlik Bilgi Form)'larının teker teker incelenmesi olmuştur. Bu işlemler için kimyasal kullanımının olduğu bütün proseslerde (Boyama, Haşılama ve Terbiye) kullanılan reçeteler

incelenerek MGBF'leri olmayan veya eksik olan kimyasallar belirlenmiş ve Orta Anadolu'dan bu eksiklerin giderilmesine yönelik yardım istenmiştir. Tüm kimyasalların MGBF'lerine ulaşıldıktan sonra MGBF'ler içindeki ekolojik ve toksisite bilgilerine dayanarak problemlili görünen kimyasallar belirlenmiştir. Tespit edilen bu kimyasalların eşleniklerini bulmak için literatür araştırması yapılmış ancak kullanılan kimyasalların kimilerinin içerikleri belirlenemediğinden, ticari isimleri ile yapılan literatür araştırması sonuçsuz kalmıştır. Bu nedenle, olası eşlenik kimyasallara ulaşabilmek için kimyasal sağlayıcı firmalara başvurulmuştur. Bu işlem sırasında karşılaşılan en önemli sorun kimyasal sağlayıcı firmaların eşlenik kimyasallarla ilgili bilgi vermek istememesi olmuştur. Bunun üzerine, Orta Anadolu'ya kimyasal sağlayan firmalarla Orta Anadolu'nun aracılığıyla iletişime geçilmiş ve problemlili görünen kimyasalların eşleniği olabilecek diğer kimyasalların MGBF'lerine ulaşılamaya çalışılmıştır. Boyama prosesinde problemlili görünen boyar maddeler ve yardımcı kimyasallar için eşlenik kimyasalların MGBF'leri elimize geçmiş ve gerekli değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bölümde çevresel açıdan problemlili olarak belirlenen kimyasalların eşlenikleri ve bunların kullanımına ilişkin durum hakkında detaylar, prosesler bazında sunulmaktadır.

1.1.1. Boyama Bölümü

İyon Tutucu

Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'nda iyon tutucu maddeler, "kompleks oluşturucu maddeler" olarak belirtilmektedir (Bölüm 4.3.4 Ön Terbiye ve Boyama İşlemlerinde Biyolojik Olarak Parçalanabilen/Elimine Edilebilen Kompleks Oluşturucu Maddelerin (İyon Tutucuların) Seçimi). Kompleks oluşturucu maddeler, sulu çözeltilerdeki sertlik oluşturan toprak-alkali katyonlarının ve geçiş-metal iyonlarının, özellikle ön terbiye işlemleri ve boyama işlemleri sırasındaki olumsuz etkilerini maskeleyerek için kullanılmaktadır. Tipik kompleks oluşturucu maddeler, polifosfatlar, fosfonatlar ve aminokarboksilik asitlerdir (örneğin, EDTA, DTPA ve NTA). Bu maddelerin kullanımıyla ilgili başlıca endişeler, yüksek azot ve fosfor içeriklerinin yanı sıra, birçoğunda düşük olan biyolojik olarak parçalanabilirlik/elimine edilebilirlikleridir.

Boyama bölümünde iyon tutucu olarak kullanılan kimyasal maddenin ise bir EDTA türevidir olması ve biyolojik olarak parçalanabilirliği/eliminatesinin düşük olması nedeniyle alternatif

aranması gereken bir kimyasal olarak ortaya çıkmaktadır. İşletme bu kimyasalın eşleniği için sağlayıcı firmayla iletişime geçmiş ve eşlenik kimyasalların MGBF'leri temin edilmiştir. Bu kimyasala eşlenik olarak önerilen iyon tutucu kimyasal bir NTA türevi (Trisodium NitriloTriAcetate) olup biyolojik olarak parçalanabilirliği/eliminitesi boyama bölümünde kullanılan iyon tutucu kimyasala göre daha yüksektir (Biyolojik elimine edilebilirlik derecesi: >70% (28 gün sonunda)). Bu bilgi ışığında, Orta Anadolu adı geçen bu kimyasalın sağlayıcı firmasıyla tekrar iletişime geçmiş ve halen iyon tutucu olarak kullanılan kimyasal yerine bu önerilen eşleniğin kullanılmasında üretim ve kalite açısından hiçbir sorun olmayacağı garantisini almıştır. Orta Anadolu, eşlenik kimyasalının siparişini vermiş olup, bundan sonraki üretimlerde bu kimyasalı üretimde kullanmayı planlamıştır. Orta Anadolu bu değişikliği yapmasının yanında adı geçen bu iki kimyasal üzerinde biyolojik olarak parçalanabilirlik testlerinin yapılmasını istemiştir. Bu konuyla ilgili olarak proje gurubu, problemlili olarak görünen iyon tutucu ve eşleniği olan kimyasalların biyolojik olarak parçalanabilirlik testlerini yürütecek ve bu testlerden çıkan sonuçları Orta Anadolu ile paylaşacaktır. Çıkan sonuçlara göre, bu iki kimyasal arasında tercih yapılacaktır.

Dispergator

Dispergatorler boya işleme sırasında bir katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Boya sınıfına ve uygulama yöntemine göre boya formülasyonlarında farklı katkı maddeleri bulunmaktadır. Bu maddeler, lifler tarafından emilip/fikse edilmedikleri için, bunların tamamı atıksuya karışmaktadır.

Dispergatorler (kimyasal içerikleri genelde naftalin sülfonat-formaldehit ve lignin sülfonattır (IPPC, BAT Dokümanı, Bölüm 2.7.8.1, Tablo 2.14.)) toksik olmamalarına rağmen, genel olarak biyo-parçalanır değildir. Bu durum; özellikle küp ve kükürt boya formülasyonlarında bulunan dispergatorler için geçerlidir. Bu boyalar suda çözünmediklerinden, dispersiyon şeklinde uygulanabilmeleri için, bu özel yardımcı maddelere ihtiyaç duymaktadırlar.

Boyama bölümünde dispergator olarak kullanılmakta olan kimyasalın biyolojik olarak parçalanabilirliği/eliminitesi düşüktür (Elimine edilebilirlik derecesi: 30-70%). Ek olarak, bu kimyasal formaldehit içermektedir. Bu kimyasalın formaldehit içeriği ağırlık bazında %

0.05'den az olup, bu konuda herhangi bir problem görünmemektedir. Kullanılan kimyasalların ağırlık bazında formaldehit içeriğinin % 0.1'i geçmemesi önerilmektedir. (URL 1). Formaldehit içeren kimyasallara ilişkin detaylı bilgi daha sonraki bölümlerde verilecektir.

İşletme bu kimyasalın eşleniği için sağlayıcı firmayla iletişime geçmiş ve eşlenik kimyasalların MGBF'leri sağlanmıştır. Eşlenik kimyasalların adları ve biyolojik olarak elimine özellikleri aşağıda verilmiştir.

Dispergatör 1: Boyama bölümünde halen kullanılmakta olan dispergatör kimyasalının % 40 konsantrasyonlu olan sıvı maddesidir. Ağırlık bazında formaldehit içeriği % 1'den azdır. Ancak, biyolojik olarak eliminitesine ilişkin iki farklı veri bulunmaktadır. OECD'nin 303 A test metoduyla yapılan deneylerde Dispergatör 1'in elimine edilebilirlik derecesi % 30-70 arasında çıkmasına rağmen, aynı kimyasalın ISO 9439 test metodu ile yapılan deneylerinde elimine edilebilirlik derecesi % 90'ın üzerinde çıkmıştır.

Bu kimyasalın, sorunlu görünen dispergatörün seyreltik bir çözeltisi olduğu ve biyolojik olarak parçanabilirlik konusunda bu kimyasal ile paralellik göstereceği öngörülmüş ve Orta Anadolu ile birlikte bu kimyasalın denenmemesine karar verilmiştir.

Dispergatör 2: Kimyasal yapısıyla ilgili herhangi bir bilgi yoktur. Sadece, dispergatör olduğu belirtilmektedir. Ağırlık bazında formaldehit içeriği % 1'den azdır. MGBF'inde biyolojik olarak eliminitesi için belirli bir oran verilmemektedir.

Dispergatör 3: Dispergatör maddedir. Prospektinde boyama bölümünde halen kullanılmakta olan dispergatör ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Bu kimyasal boyama bölümündeki dispergatör ile kullanıldığı için eşlenik olarak kabul edilmemiştir ve denenmemesine karar verilmiştir.

Dispergatör 4: Formaldehit içermektedir. Ama ağırlık bazlı yüzdesi belirtilmemiştir. Biyolojik olarak eliminitesi mevcut dispergatörden daha iyidir (Elimine edilebilirlik derecesi: > 70 - 100 %, Değerlendirme: Kolayca elimine edilebilir).

Son olarak; eşlenik kimyasallar içinden duruma ve üretime en uygun kimyasalın seçilip Orta Anadolu İndigo Bölümü tarafından denenmesi ve kimyasalın ürün kalitesine negatif etkisi olup olmadığının belirlenmesi beklenmektedir. Ayrıca, seçilecek eşleniğin Orta Anadolu'ya maliyetinin de araştırılması gerekmektedir.

Kükürt İçeriği Yüksek Olan Boyalar

Kükürt boyları piyasada toz ya da sıvı halde bulunmaktadırlar. Toz boyların boyama öncesinde bazik ortamda sodyum sülfür ile indirgenmeleri gerekmektedir. Sıvı kükürt boylar ise “ön indirgenmiş/kullanıma hazır” boylardır (Kükürt içerikleri %5'den fazla olabilmektedir).

Kükürt, yüksek derişimlerde alıcı ortama toksik olup kötü kokulara neden olmaktadır (IPPC, BAT Dokümanı, Bölüm 4.6.6.). Tekstil Sektörü BAT Referans Dökümanı klasik toz ve sıvı kükürt boylar yerine, aşağıdaki alternatifleri önermektedir (IPPC, BAT Dokümanı, Bölüm 4.6.6.):

- Ön indirgenmiş boyarmaddeler (%1'den daha az sülfid içeren)
- Ön indirgenmemiş sülfid içermeyen boyarmaddeler (oksitlenmiş formda suda çözülebilen)
- Ön indirgenmemiş sülfid içermeyen stabilize küp boylar (katı veya sıvı formda)
- Ön indirgenmemiş sülfid içermeyen boyarmaddeler (dayanıklı süspansiyonlar)

Düşük indirgenme potansiyeline sahip eski kükürt boylardan farklı olarak, bu tipteki tüm boyarmaddeler hiç sodyum sülfür olmadan (ön indirgenmiş sıvı formülasyonlarda halen düşük miktarda sodyumsülfür bulunmaktadır) kullanılabilirler. Düşük sülfid içeren veya içermeyen kükürt boylarla birlikte sülfid içermeyen indirgen maddelerin kullanılmasından sağlanan başlıca çevresel fayda, atıksulardaki sülfid içeriğinin en aza indirilmesidir (IPPC, BAT Dokümanı, Bölüm 4.6.6.).

Kükürt boyama Orta Anadolu'da İndigo bölümünde uygulanmaktadır. İşletme, kullanılan kükürt boyarmadde çeşitlerinden bir tanesinin renk olarak herhangi bir alternatifinin olmadığını, bu nedenle bu boyanın kullanılmasından vazgeçilmesinin mümkün olmadığını ifade etmiştir.

1.1.2. Haşılama Bölümü

Haşıl maddeleri çözgü ipliklerine, dokuma esnasında iplik kopmasını önlemek için uygulanmaktadır. Daha sonraki işlemler için, haşıl maddelerinin kumaştan hemen hemen tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu çoğu kez yüksek miktarda su kullanılarak ve yardımcı maddelerin ilavesiyle haşıl sökme adımı yapılmaktadır. Oluşan atıksular, yüksek KOİ/BOİ (toplam KOİ yükünün yaklaşık %30-70'i) değerine sahiptir.

Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'na göre, çevre dostu haşıl maddeleri:

- Yüksek etkili,
- Kumaştan tamamen ve kolayca uzaklaştırılabilir,
- Biyolojik olarak kolayca parçalanabilir veya elimine edilebilir (OECD test 302 B'ye göre 7 gün sonunda >%80) olmalıdırlar (BAT Dokümanı, Bölüm 4.2.4. Geliştirilmiş Çevre Performansına Sahip Haşıl Maddelerinin Seçimi).

Bugün, tüm gereksinimleri karşılayan, biyolojik olarak kolayca parçalanabilir/elimine edilebilir haşıl maddesi formülasyonları mevcuttur. Modifiye nişastalar, belirli galaktomannanlar, polivinil alkol (PVA) ve belirli poliakrilatlar bu talepleri karşılamaktadırlar. Biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir haşıl maddelerinin kullanılması, atıksu arıtma tesisinden parçalanmadan geçecek ve alıcı ortama boşaltılabilecek KOİ yükünün önemli miktarda azalmasına imkan vermektedir. Yüksek etkili, kolay yıkanabilir haşıl maddeleri kullanıldığında ek avantajlar da elde edilmektedir. Yıkamayla kolayca uzaklaştırılabilmeleri, kimyasal, su ve enerji tüketiminde önemli tasarrufların elde edilmesi anlamına gelirken, daha düşük haşıl maddesi kullanımı, boşaltılan atıksudaki KOİ yükünün azaltılması anlamına gelmektedir. Yüksek randımanlı yıkama makinelerinde ek kimyasallara veya uzun yıkama sürelerine (daha az enerji tüketimi) gerek kalmadan, sadece düşük miktarlarda su kullanılarak haşıl sökülebilmektedir (IPPC, BAT Dokümanı, Bölüm 4.2.4.). Örneğin, poliakrilatlar, PVA ve modifiye nişasta sadece biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir değil aynı zamanda haşıl geri kazanma teknikleri açısından da uygundur.

Orta Anadolu'da haşılama prosesinde temel olarak patates nişastası (%99 oranında) kullanılmaktadır. Mısır nişastasının ise çok az da olsa kullanıldığı belirtilmektedir. Bunun yanında yardımcı kimyasallar kullanılmaktadır.

1.1.3. Terbiye Bölümü

“Son işlem” terimi, tekstil materyallerine arzu edilen nihai kullanım özelliklerini kazandırmak amacıyla yapılan tüm işlemleri kapsamaktadır. Bu işlemlerle kazandırılacak özellikler, görünüm efekti ve tutum (tuşe) özellikleri ile su geçirmezlik ve güç tutuşurluk gibi özel birtakım kullanım özelliklerini içermektedir.

Son işlemler, mekanik/fiziksel ve kimyasal işlemlerden oluşmaktadır. Kimyasal işlemler kendi içerisinde;

- i) bitim işlemi maddesi ile lifin kimyasal olarak reaksiyona girdiği işlemler
- ii) kimyasal reaksiyonun zorunlu olmadığı işlemler (örneğin, yumuşatma işlemleri)

olarak sınıflandırılabilmektedirler (IPPC, BAT Dokümanı, Bölüm 2.9.). Kumaşlara uygulanan bitim işlemleri, genelde boyamadan sonra ayrı bir işlem olarak yapılmaktadır. Genel olarak bu işlemde, sulu çözelti veya dispersiyon şeklindeki kimyasal flottesı tekstil materyaline emdirme tekniğiyle uygulanmaktadır. Kuru kumaş, tüm gerekli maddeleri içeren kimyasal banyosundan geçirildikten sonra merdaneler arasından geçirilerek sıkma işlemiyle flotteden uzaklaştırılıp kurutulmaktadır. Orta Anadolu'da bu işlemde reçine, stabilizatör ve iyon tutucu kullanılmaktadır.

Kolay Bakım İşlemi Kimyasalı

Bu kimyasal kumaşa; kolay yıkanma, yıkama ve kullanma sırasında buruşmaya karşı dayanıklılık, hiç ütü istememe veya en az seviyede ütülenme ihtiyacı, vs. gibi kolay bakım özellikleri kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır. Kolay bakım işlemi reçeteleri, aşağıda belirtilen çeşitli maddelerden oluşmaktadır:

- Çapraz bağ oluşturucu maddeler

- Katalizörler
- Katkı maddeleri
- Islatıcı madde olarak yüzey aktif maddeler.

Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı, formaldehit esaslı çapraz-bağ oluşturuçu maddelerin, serbest formaldehit açığa çıkarabileceğini söylemektedir (BAT Dokümanı, Bölüm 4.8.2.). Formaldehitin kanserojen olduğu düşünölmektedir. Mamul kumaş üzerinde formaldehitin varlığı, tüketici açısından potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Ayrıca üretim sırasında havada bulunabileceği için işçi sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Avrupa Eko-etiket sistemi, deri ile direkt temas eden ürünler için azami 30 ppm formaldehite izin vermektedir. Düşük miktarda formaldehit içeren veya formaldehitsiz ürünler kullanıldığında, bitim işlemlerindeki formaldehit emisyonları azalmakta ve tekstil materyallerindeki formaldehit kalıntıları da en aza indirilebilmektedir.

Terbiye bölümünde reçine olarak kullanılan kolay bakım işlemleri kimyasalı ağırlık bazında % 0.1-1 oranında formaldehit içermektedir. Bu değerin % 0.1 den az olması istenilmektedir (URL 1). Öte yandan, Orta Anadolu ürettiği kumaşta formaldehit içeriği konusunda hassasiyet gösterip, gerekli testleri yaptırmakta ve deriyle doğrudan temas eden ürünler için azami formaldehit konsantrasyonu kriterlerine uymaktadır. Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'nda, proses sırasında açığa çıkabilecek serbest formaldehitleri en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için en iyi yolun terbiye bölümünde kullanılan kolay bakım işlemleri kimyasalının az formaldehit içeren veya formaldehit içermeyen eşlenikleriyle değiştirilmesi önerilmektedir.

İşletme bu kimyasalın eşleniği için sağlayıcı firmayla iletişime geçmiş ve sağlayıcı firma, bu kimyasal eşleniği bir kimyasal olduğunu ama fiyatının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu kimyasalın MGBF'ine göre kimyasal formaldehit içermemektedir. Fakat bu eşlenik kimyasal sorunlu görünen kimyasal maddeden fiyat olarak daha pahalıdır. Bu bilgiler ışığında, eşlenik kimyasal hakkında kullanım miktarları da göz önünde bulundurularak maliyet analizi yapılması uygun görölmüştür.

Stabilizatör

Terbiye bölümünde stabilizatör olarak kullanılmakta olan kimyasal maddenin MGBF'inde biyolojik eliminitesinin düşük olduğu belirtilmektedir (% 20-70).

İşletme bu kimyasalın eşleniği için sağlayıcı firmayla iletişime geçmiştir. Sağlayıcı firma bu kimyasala eşlenik olarak başka bir stabilizatör kimyasal maddesi önermiştir. Bu iki kimyasal üzerinde biyolojik olarak parçalanabilirlik testlerinin yapılmasını istemiş ve bu testler yapılmıştır. İşletme muadil olan kimyasalı kullanmakta üretim açısından bir sakınca görmez ise bu kimyasalın denenmesi gerçekleştirilecektir.

İyon Tutucu

Terbiye bölümünde kullanılmakta olan iyon tutucu maddenin MGBF'inde biyolojik olarak parçalanabilirliğinin çok düşük olduğu belirtilmektedir. İşletme bu kimyasalın eşleniği için sağlayıcı firmayla iletişime geçmiştir. Sağlayıcı firma bu kimyasala eşlenik olarak başka bir iyon tutucu kimyasal önermiştir. Orta Anadolu, bu iki kimyasal üzerinde biyolojik olarak parçalanabilirlik testlerinin yapılmasını istemiştir. Bu konuyla ilgili olarak proje grubu, bu iki kimyasalın biyolojik olarak parçalanabilirlik testlerini yürütmektedir ve bu testlerden çıkan sonuçları Orta Anadolu ile paylaşacaktır. Çıkan sonuçlara göre, bu iki kimyasal arasında tercih yapılacaktır. Eşlenik kimyasalın kullanılmasında bir sakınca görülmezse Orta Anadolu Terbiye Bölümü'ne tavsiye edilip bu eşleniğin denenmesi ve kumaş kalitesine negatif bir etkisinin olup olmadığının incelenmesi istenecektir.

1.2. Merserizasyon Durulama Suyundaki Alkalinin Geri Kazanılması ve Tekrar Kullanılması

IPPC Direktifi Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı, "4.5.7 Merserizasyondan Gelen Alkalinin Geri Kazanılması" başlıklı bölümünde, suyu ve alkaliyi geri kazanmak için çeşitli yöntemlere yer vermektedir.. Merserizasyon işleminden sonra kumaş, kostiğin uzaklaştırılması için durulanmaktadır. Dolayısıyla, bu durulama suyu seyreltik kostik çözeltisi niteliğindedir ve geri dönüşümü için buharlaştırma ve yoğunlaştırma tekniği önerilmektedir. Böylece su ve alkali geri kazanımı yapılmaktadır.

Merserizasyon pamuk ve pamuk harmanları için bir hazırlık adımı olup, bu işlemde yoğun bir kostik kullanımı söz konusudur. Merserizasyon sürekli bir işlem olduğu ve atıksu karakteristiği değişmediği için, bu işlemde kostik geri kazanımının kolay olduğu belirtilmektedir.. Sürekli akımları yeniden kullanmak, kostik geri kazanımı ve kullanılan alkalinin azaltılması yöntemleri ile tekstil atıksularının yüksek pH değerlerinin düşürülmesi önerilmektedir (Smith, 1986).

Tekstil Sektöründe Merserizasyon Durulama Suyundaki Alkalinin Geri Kazanılması ile ilgili bir takım örnek çalışmalar mevcuttur. Aşağıda bunlardan birine ilişkin bilgiler bulunmaktadır.

Örnek Çalışma: Yün bitim işlemleri yapan bir fabrika, atık suyun kirlilik yükünü, soda ve kostik tüketimlerini, geri kazanım yaparak büyük oranda azaltmıştır. Yeni proses merserizasyon işlemini takip eden üç yıkama teknesindeki yıkama sularını, her kullanımdan sonra deşarj etmek yerine yeniden kullanmayı içermektedir. Kullanılan yıkama suyu işlemden sonra buharlaştırılır ve sonrasında da yoğunlaştırılan kostik merserizasyonda yeniden kullanılır. İşletme atıksudaki askıda katı madde konsantrasyonunda %80 oranında, kimyasal oksijen ihtiyacı %55 oranında azalma sağlanır. Yeni ekipmanların yatırımı ile elde edilen yıllık kazanç 189,000 ABD\$'dır ve amortisman süresi de bir yıldan daha az bir süredir (Snowden ve Swan, 1995).

1.2.1. Durulama Suyundaki Alkalinin Geri Kazanılmasına İlişkin Çalışmalar

İşletmede terbiye bölümü gabardin hattında, BAT Dokümanında ve literatürde önerilen, buharlaştırma ve yoğunlaştırma sistemi ile kostik geri kazanımı sağlayan, KASAG adı verilen kostik geri kazanımı makinesi mevcuttur. Bu makinenin daha önce gabardin hattında yapılan merserizasyon işleminden çıkan yıkama suyu için kullanılmakta olduğu belirtilmiştir. Ancak bu makinenin bulunduğu gabardin hattı artık kullanılmamaktadır.

İndigo hattı merserizasyonlu ön işlem sonrası yıkama suyunda kullanılan su miktarı terbiye bölümümde kullanılan suya oranla oldukça düşüktür. Bu nedenle işletme merserizasyonlu ön işlem sonrası yıkama suyundan alkali ve suyun geri kazanımı seçeneğinin düşük su kullanımı nedeniyle uygulanabilir olmadığı görüşündedir. Bunun yerine terbiye bölümü atıksularından alkali geri kazanımı ve suyun yeniden kullanımı hedeflenmektedir.

KASAG makinesinin, terbiye bölümünde, merserizasyon durulama suyu için ise renk problemi sebebiyle kullanılmadığı belirtilmiştir. Fakat merserizasyon suyundaki renk problemi uygun arıtma teknolojileri kullanılarak giderilirse su ve alkali geri kazanımı için KASAG makinasının kullanılabilceği belirtilmiştir.

1.3. İndigo Hattı Yıkama Suyu Kullanımının Optimizasyonu

IPPC Direktifi'nin 3. maddesindeki hükümde yer alan işletmenin temel sorumlulukları arasında (a) tesisin kirliliğın uygun önleme yöntemleri ile engellenmesi, (b) atık üretiminin mümkün olduğunca engellenmesi, (c) oluşmuş atığın geri dönüşümü, ya da yeniden kullanımının sağlanması, aksi takdirde çevresel etkisinin azaltılarak bertarafının sağlanması sıralanmaktadır. Bunun yanında, bu madde kapsamında su tasarrufu konusu da ele alınmaktadır. Birim üretim başına su kullanımının 150-200 m³/ton olduğu bu sektörde gelişmiş ülkelerdeki yıllık su kullanımı ortalama 60 milyon m³ olarak belirtilmektedir (EG 98, 1997). Bununla birlikte, bu sektörde su temin ve atıksu arıtma maliyetleri toplamı tüm ıslak proses maliyetlerinin % 4,3'ü oranındadır.

Tablo 1, dünyada tekstil sektöründe söz konusu olan ortalama yıkama suyu tüketim bilgilerini içermektedir. Tablo 2'de sunulan veriler ise, tüm üretim aşamaları göz önüne alındığında, boyama prosesinin önemli ölçüde su kullanımına sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Yıkama Suyu Kullanım Bilgileri (15, UBA,2001)

Proses	Optimum Spesifik Su Tüketimi (soğuk su)	Optimum Spesifik Su Tüketimi (sıcak su – t >20°C)
Ön İşlem sonrası yıkama	4 -5 L/kg ürün	4-5 L/kg ürün
Boyama sonrası yıkama		
Kükürt	18-20 l /kg ürün	8-10 L/kg ürün
Küp	8-12 L/kg ürün	3-7 L/kg ürün

Tablo 2. Boyama prosesinde Su Kullanım Bilgileri (Hendrickx ve Boardman, 1995)

Proses	Spesifik Su Tüketimi
Boyama	
Kükürt	24 – 213 L/kg ürün
Küp	9 -167 L/kg ürün

ODTÜ IPPC Tekstil Sektörü BAT Uygulamaları Proje Ekibinin, Orta Anadolu ile yapacağı İndigo Boyama Hattındaki Yıkama Suyu Kullanımları için örnek oluşturabilecek çeşitli örnek çalışmalar şöyle sıralanabilir;

Örnek Çalışma 1: Örgü ve dokuma ürünler veren bir fabrikada günde 850 m³ suyun hiç bir arıtmaya uğramadan yeniden kullanımı sağlanmıştır. Diğer yıkama sularından daha az kirliliğe (daha az safsızlığa) sahip olan yıkama sularının yeniden kullanımı ile %25’lik bir su tasarrufu sağlanmıştır. Kullanılacak olan suyun dağıtımını sağlamak amaçlı toplayıcı borular, pompalar ve tanklar kullanılmış ve yatırım maliyeti 312,000 ABD\$ olarak hesaplanmıştır. Fakat oluşturulmuş bu yeniden kullanım opsiyonu ile sudan sağlanan yıllık kazanç 250,000 ABD\$’dır. Amortisman süresi 1,24 yıl olarak hesaplanmıştır (El Defrawy, 2001).

Örnek Çalışma 2: Ağartma prosesine sahip bir fabrikada ağartma sonrası yıkama teknelerine 112,5-150 L/dk’lık bir debi ile 75-90°C’deki su verilmektedir. Toplam 4 yıkama teknesine sahip sistemde 4. yıkama teknesinden çıkan ürünün 150 L/dk’lık debi ile yıkanmasında kostik konsantrasyonu ağırlık bazında % 0,025’tir. Debi, 55 L/dk’ya indirildiğinde bu kostik konsantrasyonu % 0,033’e çıkmıştır. Ürün üzerindeki kostik konsantrasyonu sıcaklık 96°C’den 60°C’ye indiğinde değişiklik göstermemiştir. Tüm bu denemelerin sonunda yıkama suyu sıcaklığı 60-70 °C’ye düşürülmüş debi ise 112,5-150 L/dk’dan 75-95 L/dk’ya düşürülmüştür. Bu optimizasyon sonucu %35 su tasarrufu ile %10 enerji kazancı sağlanmıştır (Hendrickx ve Boardman,1995).

Örnek Çalışma 3: Seyrelmiş yıkama sularının başka proseslerde kullanılması çoğu kez tekstil sektöründe rastlanan bir durumdur. Proses suyu, daha düşük kirlilikteki yıkama suyunu yıkama suyu olarak suyun yeniden kullanımı tekstil sektöründe su kullanımının azaltılması için başvurulan metotlardır. Böylelikle hem su tasarrufundan hem de suyun arıtımı için harcanacak olan maliyetteki tasarruftan kaynaklanan kazançlar söz konusudur. Buna örnek

olarak; Lancashire’da bir tekstil firması son yıkama suyunu geri döndürerek günde 7000 m³ su tasarrufu, aylık 2700 Pound ise deşarj maliyetinden kazanç sağlamaktadır. Londra’da başka bir tekstil firması ise ağartmadan çıkan atıksuyu yıkama prosesinde kullanarak, su ve enerjiden yıllık 36000 Pound kazanç sağlamış, atıksu arıtım ve deşarj bedelinden ise yıllık 10300 Pound kazanmıştır (GG 62, 1997).

Bununla birlikte, tekstilde görülen diğer su kullanımı optimizasyon çalışmaları;

- Yıkama suyunu haşıl sökme prosesinde ya da makine yıkamasında kullanmak,
- Merserizasyon sonrası yıkama suyunu ön işlem banyoları için kullanmak
- Gerekli olmadığı anlaşıldığı anda yıkama teknesi iptali

olarak sıralanmaktadır. Bunun yanında Tablo 3’de ön işlem yıkama suyu için proses modifikasyonlarına göre su kazanımları miktarları farklı örnek çalışmalar için sunulmaktadır. Bu tip optimizasyon çalışmaları ile su ve buna bağlı olarak enerji kullanımlarında büyük azalmalar söz konusudur.

Tablo 3. Ön işlem yıkamasında suyun yeniden kullanımının ve su kullanımı optimizasyonunun etkisi (Hendrickx ve Boardman,1995)

Proses Modifikasyonu	Su Tüketimi	Ortalama Sıcaklık
Değişiklik Yok	1297 m ³ /gün (azalma yok)	90 °C
Sıcaklık artışı ve debi azalması	727 m ³ /gün (%44 azalma)	70 °C
Suyun birden fazla proseste kullanılması	592 m ³ /gün (%54 azalma)	70 °C
Ultrafiltrasyon sonrası suyun yeniden kullanımı	161 m ³ /gün (%97 azalma)	70 °C

1.3.1. Orta Anadolu’da İndigo Hattı Su Kullanımı Optimizasyonu

İndigo boyama hattında en çok kullanılan boyama çeşitleri indigo, kükürt ve bu boyaların ardışık olarak kullanıldığı boyamalardır. Bu boyamalardan renkçe en koyu olanının, indigo ve kükürt boyalarının ardışık olarak kullanıldığı boyama olduğu belirtilmiştir. Bu koyu boyama sonrası yıkama teknelerinin uygun olanlarında, daha açık herhangi bir boyama (boyanan ip ağırlığı bazında verilen boya yüzdesinin düşük olduğu boyamalar) sonrası yıkama suyunun ya da ön işlem sonrası yıkama suyunun kullanılabileceği üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir. 6-8 Şubat 2006 tarihli tesis ziyaretinde her teknedeki yıkama suyunun zamana karşı kirliliğinin değerlendirilmesi üzerinde konuşulmuş, örneğin “t” anında koyu boyama yıkama teknelerinin herhangi biri için açık boyamanın “2t” anındaki suyun kullanımı üzerinde tartışılmıştır. Bununla hedeflenen koyu boyamada “t-2t” zaman içindeki Q debideki beslemeden tasarruf etmektir. Fakat 14 Mart 2006 tarihindeki ODTÜ ekibi toplantısında, sabit besleme varsayımı üzerinden gidilip, sabit tekne hacimlerinin de hesaba katıldığı durumda kısa dengeye oturma sürelerinin değerlendirilmesi kararı alınmıştır. Bu nedenle zamana karşı teknedeki banyo kirliliği gözlemlenmesinden vazgeçilmiştir. Bununla birlikte 13 Şubat 2006 tarihinde işletmeden, son altı ay içerisinde yapılan açık boyama yüzdesi istenmiştir. Bunun sonucunda işletmede son altı ay içerisindeki açık boyamanın toplam boyamanın yalnızca %2’si olduğu saptanmış ve bu kirlilik önleme seçeneği “açık boyama ardı yıkama suyunun yeniden kullanımı” başlığı altında sınırlandırılmamıştır.

ODTÜ Proje Ekibi tarafından 22 Şubat 2006 tarihli tesis ziyaretinde o günkü mevcut boyamalardan alınan numuneler de su kullanımının optimizasyonu çalışmasını destekleyici diğer veri kaynakları olmuştur. Tüm bu analizlerle amaçlanan, su kullanımını sorgulamak, yıkamadaki verimliliği değerlendirebilmek, olası bir suyun yeniden kullanımı alternatifi için kirlilik değerlendirmesi yapmak ve tüm bunları işletme ile görüşüp, denemeler ile desteklemektir. İşletmenin su kullanımına dair bilgi ve hesaplamalar, analiz edilen numunelerin deneysel sonuçlarına dair hesaplamalar ve üzerinde tartışmaya ve daha sonrasında da uygulamaya konulabileceği düşünülen senaryolar bölüm 1.3.2.’de açıklanmıştır.

1.3.2 Suyun Yeniden Kullanımı Çalışmaları

1.3.2.1. Boyama ve Su kullanımı Bilgileri

1. Tip Boyama (Küp ve Kükürt Boya)

Orta Anadolu'dan indigo makinesinden ilk alınan atıksu numunelerine ait makine ve üretilen ürün bilgileri kullanılarak yapılan hesaplama sonuçları Tablo 4'teki gibidir.

Tablo 4. 1. tip boyama özelinde su kullanım bilgileri

	Ön Yıkama Su Kullanımları	Arka Yıkama Su Kullanımları
Beslenen su miktarı	198.900 L	397.800 L
Boyama öncesi teknelere doldurulan su miktarı	11.200 L	8.000 L
Toplam su kullanımı	210.100 L	405.800 L
Ürün başına kullanılan su miktarı	10,4 L/kg	20,1 L/kg
Ürün başına kullanılan toplam su		30,5 L/g

2. Tip Boyama (Küp Boya)

Bir tür küp boyanın kullanıldığı boyamaya ait kg ürün başına kullanılan su kullanımı ön yıkamalar için 7,4 L/kg ve arka yıkamalar için 18,5 L/kg olarak hesaplanmıştır.

3. Tip Boyama (Kükürt Boya)

Ön işlemin farklılık gösterdiği bu boyamaya dair durum özelindeki su kullanımı ön yıkamada 7,1 L/kg iken arka yıkamada 17,7 L/kg olarak hesaplanmıştır.

Daha önceki bölümlerde Tablo 1’de yıkama suyu miktarlarının aralığından söz edilmiştir. O değerler ve işletmenin İndigo Boyama Hattında kullandığı su kullanımı ile karşılaştırma yapıldığında ortaya çıkan genel durum Tablo 5’teki gibidir.

Tablo 5. Su Kullanımı Karşılaştırması

	İşletmede arka yıkama su kullanımları	Tipik arka yıkama su kullanımları
1. Tip: Küp ve kükürt boyama ön işlem sonrası yıkamadaki su kullanımı	10,4 L/kg	4 – 5 L/kg
2. Tip: Küp boyama ön işlem sonrası yıkamadaki su kullanımı	7.4 L/kg	4 – 5 L/kg
*3. Tip: Kükürt boyama ön işlem sonrası yıkamadaki su kullanımı	7.1 L/kg	4 – 5 L/kg
1. Tip: Küp ve kükürt boyama sonrası yıkamadaki su kullanımı	20,1 L/kg	15-17 L/kg
* 2.Tip: Küp boyama sonrası yıkama	18.5 L/kg	3 -7 L/kg
* 3.Tip: Kükürt boyama sonrası yıkama	17.7 L/kg	8 – 10 L/kg

* İlk tekne hacimlerindeki su, su tüketimi oransal olarak hesaplandığı için miktar dahilinde değildir.

Su kullanımları tablodaki değerlerden %5-15 oranında fazlalık gösterebilir.

Tablo 5’ten görüldüğü gibi Orta Anadolu su kullanım değerleri, tipik değerlerin oldukça üstündedir. Ön işlem sonrası yıkama için %50-60 arasında bir su kullanımı fazlalığı var iken, boyama sonrasındaki yıkama su debilerinde, %13 ile %60 arasında değişiklik gösterebilecek bir fazla kullanım söz konusudur.

Günlük Su Kullanımı

Bununla birlikte halat boyama hattında harcanan 11 ayın ortalama su kullanımları bilgileri aşağıdaki gibidir.

Tablo 6. Halat boyama toplam su kullanımı

2005 yılı	Su Tüketimi (Ton/ay)	Boyanan İplik Miktarı (kg/ay)
Ocak	50,509	960,743
Şubat	38,392	1,032,761
Mart	44,918	1,047,624
Nisan	41,006	967,214
Mayıs	36,834	950,455
Haziran	21,250	616,367
Temmuz	22,432	959,456
Ağustos	32,622	1,086,634
Eylül	30,206	1,106,262
Ekim	29,655	1,045,421
ORTALA	34,782	977,293
MA		
Halat		
Boyamadak		
i Günlük su	1160 m ³ /gün	
tüketimi		
Halat		
boyamada		
ürün başına	35.5 L/kg	
su tüketimi		

Tablo 6’da görülen halat boyamada spesifik su tüketimi

$$34,782 \times 1000 / 977,293 = 35.5 \text{ L/kg' dır.}$$

Tekstil sektöründe kesintisiz boyamalar için söz konusu olan tipik aralık 9.4 – 63 L/kg’ dır (URL 2). Fakat bu tip çalışmaların sonunda bu aralık küçük değerlere doğru çekilecektir.

Tüm işlemler sonunda ürün başına düşen su kullanımı 180 L/kg’ dır. Tablo 6’da da görüldüğü gibi halat boyamada ürün başına düşen su tüketimi 35.5 L/kg’ dır. Bu sayı tüm proseslerde üretim başına harcanan su miktarının toplamının 20%’si oranındadır.

1.3.2.2. Ön İşlem ve Boyama Sonrası Yıkama Suları Karakterizasyonu

İndigo makinesindeki yıkama teknelerinden ayrı ayrı alınan atıksular için karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçların bir kısmını oluşturan ön ve arka yıkamalar için ilk ve son teknelerin karakterizasyon değerleri Tablo 7’de sunulmaktadır. Karakterizasyonda kullanılan parametreler, çeşitli kaynaklardan, “yeniden kullanım parametreleri” olarak tespit edilerek seçilmiştir. Tablo 8’de, tekstil sektöründe yıkama suyu kalite kriterleri sunulmaktadır.

Tablo 7. 1. Tip Boyamada, Ön İşlem ve Boyama Sonrası Yıkama Suyu Analizleri (YKM: yıkama, TKN: tekne)

	KOI (mg/L)	Renk (Pt-Co)	Bulanıklık (NTU)	TAKM (mg/L)	TÇKM (mg/L)	Toplam Sertlik (mg/L CaCO3)	İletkenlik (mS/cm)	pH	Alkalinite (mg/L CaCO3)
İlk Ön YKM TKN	6510	2816	80,8	496	11752	83	16	12,73	3476
Son Ön YKM TKN	1095	650	76,4	134	2194	84	1,34	10,17	551
İlk Arka YKM TKN	2410	8760	367	232	9980	-	15,93	12,58	3165
Son Arka YKM TKN	113	2880	457	60	860	-	0,65	9,33	124

Tablo 8. Yeniden Kullanım Kriterleri

Parametre	Yeniden Kullanım Kriterleri		
	Li and Zhao, 99	Hoehn, 98	BTTG,De Florio, Hart
Toplam KOİ (mg/L)	0-160	<50	80
TAKM (Toplam Askıda Katı Madde) (mg/L)	0-50	<500	5
TÇKM (Toplam Çözünmüş Katı Madde) (mg/L)	100-1000	-	500
Toplam Sertlik (mg/L as CaCO ₃)	0-100	90	60
İletkenlik (µS/cm)	800-2200	-	1000
Alkalinite (mg/L as CaCO ₃)	50-200	-	-
Renk (Pt-Co)	-	-	20
pH	6.5-8	6.5-7.5	6-8
Bulanıklık (NTU)	-	-	1
Klorit (mg/L) Cl ⁻	100-300	<150	-
Toplam Krom (mg/L)	-	0.1	-
Demir (mg/L) Fe	0-0.3	0.1	-
Manganez (mg/L) Mn	<0.05	0.05	-

Tablo 9. 2. ve 3. Tip Boyamaları için Yıkama Suları Analiz Sonuçları

		KOİ (mg/L)	Toplam Katı Madde (mg/L)	Renk (Pt- Co)	Bulanıklık (NTU)	pH	İletkenlik (mS/cm)	Alkalinite (mg/L CaCO ₃)
2. Tip	Ön yıkama İlk TKN	6402	10176	3240	288	7.72	7.77	-

KüpBoya	Ön yıkama son TKN	146	518	71	9.79	7.24	0.663	-
	Arka yıkama ilk TKN	1266	6314	4350	305	10.29	7.43	-
	Arka yıkama son TKN	207	1632	1000	99.3	8.46	1.19	--
3. Tip Kükürt Boya	Ön yıkama ilk TKN	1212	36336	394	32,7	12,7	103,6	18600
	Ön yıkama son TKN	76	590	57	10,6	10,5	0,695	216
	Arka yıkama ilk TKN	2275	8272	3980	23,5	12,62	14,73	--
	Arka yıkama son TKN	353	810	3920	27.7	10.07	0.945	-

1.3.2.3. Su Optimizasyonu Seçenekleri ve Uygulanabilirlik Hesapları

1.3.2.3.1. Yıkama Teknesi İptali

İlk yapılan analizlerde, 2. tip küp boyamada arka yıkamalar arasında bir tekneden bir sonraki tekneye (son tekneye) geçişte ciddi miktarda düşüş görülmemiştir (1010 Pt-Co'dan -1000 Pt-Co'ya düşüş). İşletmenin arka yıkamalarda sağlamak istediği suda kalan boyanın azalması, renkte düşüş iken diğer parametrelerde de önemli miktarda düşüş sağlanmaması ile ilgili olarak son teknenin iptali su kullanımı optimizasyonu için ideal görülmektedir. Bu tip her boyama için ideal koşullarda son tekne iptali, boyanacak olan halatların makine üzerinden geçmesini gerektirecektir. Bu da boyama başlamadan önce bir zaman kaybı demektir. Bu işlemin 15 dk süreceği ön görülürse (proses müdüründen alınan bilgi), makine hızı bilgisi kullanılarak üretim kaybı maliyeti hesaplanabilmektedir.

Diğer yandan, bir teknenin iptalinin su kazancına olan etkisi beslemedeki azalma ya da tekne hacmi kazancı kadardır. Verilen bilgilerin kullanımı sonucu bu temiz üretim seçeneği ile elde edilen su kazanımı 109.960 L olarak hesaplanmıştır.

Kaynakların tükenme tehlikesi altında olduğu, suyun arıtma maliyeti ile birlikte düşünüldüğünde bu bedel ödenmesi gerekli olmadığı halde ödenen bir bedeldir. Bunun yanında yıkama suyunu ısıtmak için harcanan enerji maliyeti de göz önünde bulundurulmalıdır.

Enerji maliyeti

Gelen su sıcaklığının mevsimlerden dolayı farklılığı göz önünde bulundurularak, ortalama 10°C olduğu ve de suyun sıcaklığının yüksek değerlere artışı için gereken enerji yaklaşık 250,800 J/L su olarak hesaplanmıştır.

Buna karşılık gelen elektrik enerjisi,

$$250,800 \text{ J/L} \times 2.7 \times 10^{-7} \text{ kwh / J} = 0.068 \text{ kwh/L}$$

Kojenerasyon ünitesinde üretilen elektriğin birim maliyeti 0.07 YTL/kwh, şehir şebekesinden alınan elektrik maliyeti 0.12 YTL/kwh'dır.

10 Mwh kojenerasyon ünitesinde üretilirken, yalnızca 500kwh elektrik şehir şebekesinden alınmaktadır. Bu durumda ortalama elektrik maliyeti 0.072 YTL/kwh olarak hesaplanmıştır.

Bu durumda her litre suyun ısıtılması için elektrik maliyeti;

$$0.068 \text{ kwh} / \text{L} \times 0.072 \text{ YTL} / \text{kwh} = \mathbf{0.0049 \text{ YTL/L}}$$

Toplam tasarruf $109,960 \text{ L} \times 0.0049 \text{ YTL} / \text{L} = \mathbf{539 \text{ YTL}}$ olarak hesaplanmaktadır.

Atıksu bedeli

İşletmeden aldığımız bilgiler doğrultusunda;

Atık su arıtma masrafları	YTL/Ay
1-Asit.....	20,756
2-İşçilik.....	2,500
3-Yedek parça,amortisman ve diğer.....	9,933
4-Elektrik.....	7,140
5-Atık su için ödenen bedel.....	40,000
Toplam.....	80,329
M.Bakım Md...maliyet yansıması.....	25,588
Genel Toplam	105,917

Aralık 2005 toplam su tüketimi : $184,233 \text{ m}^3$

$$105,917 / 184,233 = 0,575 \text{ YTL} / \text{m}^3$$

$$0.575 \text{ YTL} / \text{m}^3 + 0.025 \text{ YTL} / \text{m}^3 \text{ (Pompa elektriği)} = 0.6 \text{ YTL} / \text{m}^3$$

$$109,96 \text{ m}^3 \times 0.6 \text{ YTL/m}^3$$

$$= 65.97 \text{ YTL}$$

Yalnızca iptal edilen 1 arka yıkama teknesinde kullanılan suyun bedeli

$$= 539 \text{ YTL} + 65.97 \text{ YTL} = 605 \text{ YTL}$$

olmaktadır.

Dikkat edilmesi gereken konu, bu kazancın, yalnızca bir boyama için bir arka yıkama tekne iptalinin gerçekleşmesi sonucu sağlanmasıdır. İyi bir üretim planı ile, örneğin sözü geçen 2. tip boyamaların ard arda yapılması durumunda, kılavuz iptal edilen teknenin üzerinden akış yapmaya devam edecek ve bu durumda üretim kaybını karşılayacak bir su kazanımı mümkün olacaktır.

Analizlerin devam etmesi ile, boyama tekne sayılarının her boyama için optimum sayıları belirlendikten sonra, üretim planı için olası önerilerin dikkate alınması durumunda sağlanacak kazancın büyük olması beklenmektedir.

Örneğin, aynı indigo hattında, tekne iptali sonucu kalan yıkama teknelerinin yeterli görüleceği her boyama çeşidinde, ki bu 2. tip boyamaların ardarda getirilmesi planı ile ya da analiz sonuçlarının o sayıda yıkama teknesinin yeterli olacağı boyamaların ardarda yapılması olabilir, yapıldığı takdirde, 20 saat sürecek olan 1710 YTL/ 555.08 YTL = 3 boyama, yani 3 x 20 saat = 60 saatlik boyamadan sonra işletme su kullanımını azalımından ötürü kara geçmeye başlayacaktır.

Söz konusu ikinci tip boyama için boyama ardı yıkama su kullanım değeri olan 18.5 L/kg' dan %33 düşüş sağlayacak ve Tablo 6'daki optimum değer olarak gösterilen 3-7 L/kg'ın yalnızca %16'lık dışında olacaktır. Bu da IPPC Direktifi izin uygulamasına yönelik bir iyileşmeye karşılık gelecektir.

Üçüncü tip boyamada da, yine son arka yıkama teknelerinde rengin ve KOİ'nin düşmediği gözlenmiştir.

Son tekne iptali 62.5 L/dk kazanç sağlayacaktır. Bu şekilde su kullanımında 17.7 L/kg'dan 13.3 L/kg'a düşerek %25 azalma sağlamak mümkündür. Bunun yanında tekne hacmi kadar su kullanımından da tasarruf edilecektir. Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanının kükürt boyama sonrası yıkama için uygun gördüğü Tablo 5'teki 8-10 L/kg'a %25 daha yaklaşımış olacaktır.

İndigo hattında yapılmış olan 23 adet tekne bazında su analizi aynı tip boyama için atıksu karakterizasyonlarında farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda, işletmenin sabit olduğunu düşündüğü su beslemelerinin ve boya fiksasyonunun değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Fakat debilerde sabitleme çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmanın sonucunda boyama türü özelinde tekne iptali çalışmalarına yukarıda verilen örnekler paralelinde devam edilecektir.

1.3.2.3.2. Mersevizasyonlu Ön İşlem Teknesinin Yeniden Kullanımı

Kükürt boyama için Tablo 9'da sunulan mersevizasyon son ön yıkama teknesindeki kirlilik değerleri, Tablo 8'deki yeniden kullanım değerlerini büyük ölçüde sağlamaktadır. Bu durumda bu suyun herhangi bir proseste yeniden kullanımı hedeflenebilir.

Bu şekilde mersevizasyonlu ön işlemden suyun %15'lik bir kısmı yeniden kullanılabilir. Yani bir tekne hacmi kadar su için yeniden kullanım söz konusu olacaktır. Bu da yaklaşık olarak 0.6 YTL/tekne olarak hesaplanmıştır (her bir mersevizasyon ön işlem teknesinden sağlanacak kazanç).

Aynı indigo hattında ayda ortalama 25-30 mersevizasyonlu ön işlem olacağı düşünüldüğünde, ve yaklaşık su tasarrufu 30 m³/ay olarak düşünülürse ısıtma ve atıksu maliyetlerinin toplamı:

Isıtma ve atıksu toplam maliyetleri = 4.9YTL/m³ + 0.6 YTL/m³ = 5.5 YTL/m³ iken

30 m³/ay x 5.5 YTL/m³ = 165 YTL,

suyun ücretlendirildiği takdirde $3\text{YTL/m}^3 + 5.5\text{ YTL/m}^3 = 8.5\text{ YTL/m}^3$

$8.5\text{ YTL/m}^3 \times 30\text{ m}^3/\text{ay} = 255\text{ YTL/ay}$

aylık kazanç 255 YTL olacaktır.

Bu çalışmayla ilgili olarak işletmeden gelmiş olan numunelerin analizine devam edilmiştir. Bu tip kullanım potansiyeli olan tekneler için de benzer çalışmalar sürdürülmektedir.

1.3.2.3.3. Daha Az Kirliliğe Sahip Yıkama Teknelerindeki Suyun Yeniden Kullanımı

Daha önce anlatılmış olan örnek çalışmalarda da belirtildiği gibi daha az kirlilikteki suyun daha kirliliğe sahip bir su yerine kullanılması IPPC Direktifi'nin izin için denetimini sağlayacağı bir çok tekstil işletmesinde rastlanan bir su kullanımını optimizasyonu yöntemidir.

Tablo 7 ve 9'daki analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi, herhangi bir artırım maliyeti söz konusu olmaksızın ardarda gelen teknelerde kirlilik değerleri azalma göstermektedir.

Bununla ilişkili olarak örneğin raporda sözü geçen ve ikinci tip olarak adlandırılan boyama için Tablo 10'daki değerler (ilk yapılan analizlerin sonucudur) söz konusudur.

Tablo 10. İkinci tip boyamada yıkama suları 3 parametre bazında analiz değerleri

Parameter		KOI (mg/L)	TKM (mg/L)	Renk (Pt-Co)
2. Tip Boyama	İlk Ön Yıkama	6402	10176	3240
	Son Ön yıkama	146	518	71
	İlk Arka yıkama	1266	6314	4350
	SonArka yıkama	207	1032	1000

Görülen şudur ki, bir boyama çeşidinin mümkün olduğu kadar ardarda getirilmesiyle sağlanacak sağlıklı bir üretim planı sonucunda, o boyamada kullanılan yıkama suları kullanılabilir.

Aynı hatta, ya da bir diğer hatta aynı zamanda ya da ardarda yapılan boyamaların üretim planlamasında aynı olarak belirlenmesi durumunda kazanım sağlanacak su miktarı oldukça fazladır.

İki çeşit ön işlem bulunduğu için boyama türünden bağımsız olarak herhangi iki aynı ön işlem sonrası yıkama sularının yeniden kullanılması mümkün olacaktır. Yalnızca 1 hattan elde edilebilecek kazanım ilk tekne hacimleri bazında %85'tir.

Herhangi bir boyama hattında, sondan önce bulunan ön yıkama teknesindeki suyun diğer bir boyama hattında ilk ön yıkama suyu olarak kullanılması durumunda da ilk tekne hacimleri bazında %71'lik bir su kazanımı sağlanması hedeflenmektedir.

Üretim tecrübesine dayanan bir bilgi ile, aynı boyama sürecinin uygulanması beklenmeksizin, birbiri ile girişim göstermeyecek iki farklı boyamanın (örneğin, sadece farklı konsantrasyondaki kükürt boyamalar gibi) arka yıkama suları da ön işlem de olduğu gibi kullanılabilir.

İyi bir üretim planlamasıyla birbirini izleyen boyamalar için depolama yapmaksızın suyu tanklar arası kullanmak mümkünken, diğer bir alternatif depolamadır. Tüm bunlar için gerekecek en önemli maliyet, suyun geçeceği hattın ve depolama tankının maliyetidir. Ekstra depolama tankları ve ilgili işletim sistematiği, tesis yetkililerince değerlendirilmelidir. Arıtma, deşarj ve su maliyetlerinin 5.5 YTL/m³ olduğu durumda ve ayda 20-30 boyamada bu uygulamanın yapıldığı varsayılırsa, yaklaşık olarak 650 YTL/ay'lık bir kazanç söz konusudur.

Bundan önceki iki seçenek için olduğu gibi çok sayıdaki farklı boyama tipi esas alınarak yapılan analiz sonuçları aynı boyama için aynı teknelerde bile farklı karakterizasyonların mevcut olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durumda su beslemeleri ve boya fiksasyonu sabitlenmeden fabrikaya önerilecek herhangi bir üretim planı söz konusu değildir.

1.4 Terbiye Bölümünde Otomatik Durdurma Valflerinin Kullanılması

Kesintisiz yıkamalarda su ve enerji tasarrufu, basit idari önlemlerin uygulanmasıyla başlamalıdır. Bu önlemler, yıkama teknelerinde akım kontrol cihazları ile optimum akımın belirlenmesinden başlayıp, kumaş geçişinde duruş meydana gelir gelmez su akışını kesen otomatik durdurma valflerinin kullanılmasına kadar uzanmaktadır (IPPC Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı, Yönetici özeti).

Bir prosesteki atık miktarının minimuma indirilmesi seçeneklerini geliştirmek için, işletme atıklarının ve operasyonlarının detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir. Özellikle su ve enerjinin optimum kullanımına, proses alt ünitelerinin su, ısı ve elektrik tüketimlerinin kontrolü ve atıksu arıtma hatları imkanlarını karakterizasyonu ile başlanılmalıdır.

Prosesle ilgili bu geliştirilmiş bilgilerin kullanımı ile, birtakım düşük teknoloji önlemler tanımlanabilmektedir. Su akış hızını, ana tahrik mekanizmasına bağlayan akış kontrol cihazlarını ve otomatik durdurma valflerinin kurulması bunlara örnektir.

Pratikte, işletmeler su kullanımını nadiren ölçmekte ve kontrol altına almaktadırlar. Her işletmenin, su kullanımını belgelemek ve değerlendirmek için, makinelerin her birine monte edilebilen su sayaçları bulunmalıdır. Edinilen tecrübeler, yıkama makinelerine ucuz akış kontrol cihazlarının montajından sonra su miktarında belirgin azalmalar meydana geldiğini göstermiştir. Ürün kalitesinin istenen seviyeyi sağlaması için gerekli optimum akışın belirlenmesi amacıyla, sistematik bir prosedür uygulanabilmektedir.

Sistemdeki ana tahrik mekanizmasının su akışına bağlayan otomatik durdurma valfleri, bir duruş gerçekleştiği anda su akışını keserek önemli ölçüde su ve enerji tasarrufu sağlamaktadırlar. Bu tekniğin uygulandığı durumlar dünyada tekstil üretim çalışmalarında mevcuttur.

Mısır'da yıllık üretim kapasitesi 8,000 ton olan bir tekstil firması, su ve enerji tasarrufu politikaları gereğince su ve enerji tasarrufu sağlayabilecek ucuz ama etkili bir takım teknikleri fabrikasında uygulamaya başlayarak büyük oranda tasarruf sağlamıştır. Bu ucuz ama etkili tekniklerin arasında otomatik durdurma valflerinin proseslerde kullanılması da yer almaktadır.

Otomatik valflerin kurulumu firmaya 10,000 Euro'ya mal olurken yıllık tasarruf değerleri de 13.000 Euro'nun üzerinde bir rakama ulaşmıştır. Bu sistem sadece 10 ayda kendini amorti etmiştir (RAC/CP, 2002).

1.4.1. Otomatik Durdurma Valflerinin Kullanımına İlişkin Gelişmeler

Terbiye, indigo bölümüyle birlikte tesiste en çok su kullanımının olduğu bölümdür. Bu bölümde, bir arıza veya elektrik kesintisinde su kayıpları olmaktadır. Su kayıplarını önlemek için terbiye bölümü otomatik valfler kullanmayı uygun görmüş olup ve bu önerinin en yakın zamanda uygulamaya geçirilmesi hedeflenmektedir.

Bunun yanında işletme, suyun otomatik olarak durdurulması halinde yıkama teknelerinde kimyasallar kaynaklı çökmeler oluşabileceği ve bunun ürün kalitesini olumsuz olarak etkileyebileceği konusunda endişesini dile getirmiştir.

İşletme, terbiye ana su hattı vanasının başına sürekli bir personel bulundurulması yoluyla bu probleme çözüm getirmiştir.

1.5. Halat Boyamada Ters Akım Prensibi ile Yıkama

1.5.1. Kontinü (Kesintisiz) Yıkama ve Durulamalarda Su ve Enerji Tasarrufu

Tekstil sektörü için, en büyük çevresel kaygıyı, deşarj edilen su miktarı ve onun kimyasal içeriği oluşturmaktadır. Bu sebeple Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı yıkama verimini arttırmak için kullanılan en yeni teknikleri ve makineleri içermektedir. Buna ek olarak, BAT Referans Dokümanı çeşitli proseslerden gelen suyun kalitesinin ve hacminin sistematik karakterizasyonu ile yeniden kullanımı ve tekrar kullanımı ile ilgili seçenekleri araştırmaktadır.

Tekstil sektöründe su kullanımının en fazla olduğu prosesler yıkama prosesleridir. Bu sebeple, Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'nın, "4.9.2 Kontinü (Kesintisiz) Yıkama ve Durulamalarda Su ve Enerji Tasarrufu" başlıklı bölümünde, yıkama prosesinde su kullanımını azaltmak için tekniklere yer verilmiştir. Su ve enerji tasarrufu yıkama verimi artırılarak

sağlanabilir, fakat önemli ölçüde gelişme; basit ileri teknoloji gerektirmeyen sistemlerle elde edilebilir. Bu tekniklerden en yaygın ve verimli olanı ters akım prensibidir. Ters akım prensibi, son yıkama teknesindeki en az kirlenmiş suyun sondan bir önceki teknede tekrar kullanılması ve bu hareketinin boşaltılacağı ilk tekneye kadar devam etmesidir.

Şekil 1 ve 2’de bu prensip karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Verilen örnekte iki halatın geleneksel yıkama ve ters akım sistemi ile yıkanması karşılaştırılmaktadır. İki sistemde de aynı oranda yıkama suyu kullanıldığında elde edilen yıkama verimleri karşılaştırılmıştır. İki sisteme giren halatın NaOH giriş konsantrasyonunun aynı olduğu ve kilogram halat başına 40 gram NaOH bulunduğu varsayılmıştır. İki sistemin akım şemaları ve yıkama teknelerinin çıkışındaki halat NaOH konsantrasyonları Şekil 1 ve 2’de gösterilmektedir. Kalın olarak çizilmiş oklar, halatın hareket yönünü, ince oklar ise suyun hareket yönünü göstermektedir.

Bu iki tip yıkamanın sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

Geleneksel yıkama örneği:

Ortalama su tüketimi : 4 L/kg

Yıkamadan çıkan halattaki NaOH konsantrasyonu= 2.5 g/kg

Yıkama verimi: 93.75 %

Ters akım sistemi ile yıkama örneği:

Ortalama su tüketimi: 4 L/kg

Yıkamadan çıkan halattaki NaOH konsantrasyonu= 0.125 g/kg

Yıkama verimi: 99.7%

Hesaplamalar sonucunda görüldüğü gibi, iki sistemde aynı miktarda su kullanıldığında ters akım sistemi ile yıkamanın verimi daha yüksektir, yani ters akım yıkama sistemi kullanılarak geleneksel yıkama sistemi ile aynı kalitedeki bir yıkama daha az miktarda su kullanarak sağlanabilmektedir.

Ters akım sistemi ile yıkama günümüzde tüm tekstil yıkama proseslerinde kullanılmaktadır. Basit ve ucuz bir yöntem olup, yıkama veriminin önemli ölçüde artırılmasını ve su

kullanımını azalmasını sağlar. Su ve enerji kullanımının azaltılmasına yönelik olan temiz üretim seçeneklerinden en yaygın ve pratik olanıdır.

Bu teknik oldukça basit ve ucuz olup, haşıl sökme, ağartma, boyama ve baskı işlemleri sonrasında uygulanan tüm kesintisiz olarak devam eden yıkama proseslerine uygulanabilir. Su ve enerji tasarrufu birbirlerine büyük oranda bağlıdır, çünkü enerjinin büyük kısmı proses banyolarındaki suyu ısıtmak için kullanılır. Bu teknik daha az su tüketimi yapılarak, yüksek verimli bir yıkama elde edilmesini sağlar, ısıtılması gereken su azaldığı için, enerji kullanımı da azalmaktadır (US EPA, 1995).

Ters akım ile yıkama donanımları, herhangi birçok kademeli kontinü yıkama işlemine, kumaş veya boyama, baskı ve hazırlık işlemleri olsa da, kolayca monte edilebilirler (US EPA, 1997).

Ters akım ile yıkama işlemi, mevcut sisteme tutma tanklarının ve pompaların eklenmesini gerektirmektedir. Bu tip bir geri kazanım sisteminin tertip edilmesi için gerekli yatırım maliyeti 50,000 ABD\$'dan daha azdır ve senelik tahmini 95,000 ABD\$ tasarruf sağlamaktadır. Çoğu örnekte, bu sistemin kullanımı ile atık suyun azaltılması pahalı arıtma sistemlerine olan ihtiyacın da azalmasını sağlamıştır.

Yıkama prosesinde ters akım sistemi kullanıldığı takdirde elde edilecek su kazanımları Tablo 11' de verilmiştir. Tablo 11'den görüldüğü gibi ters akım ile yıkama sisteminde büyük oranda su kazanımı elde edilebilmektedir ve su kullanımındaki azalma kullanılan yıkama teknesi ile orantılı olarak artmaktadır.

Tablo 11. Ters Akım ile Yıkama Yapılarak Elde Edilen Tipik Su Tasarruf Değerleri

Yıkama Teknesi Sayısı	Su Tasarrufu (%)
2	50
3	67
4	75
5	80
Kaynak:(US EPA, 1995)	

Dünya genelinde de ters akımlı yıkama uygulamalarına dair çalışmalara sıklık göstermektedir.

Örnek Çalışma 1: Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir tekstil fabrikasında günlük su tüketimi 946 000 litredir. Fabrikaya temiz üretim proje ekibi tarafından, su tüketimini azaltmak için halat yıkama prosesinde ters akım sistemini kullanması önerilir. Bu öneri fabrika tarafından pilot ölçekte test edilmiştir ve, bu sistemin ürün kalitesine olumsuz bir etkisi olmadığı görülür.

Bu sistem peroksit ağartması sonrası, 2 adet halat yıkama teknesine uygulanarak, günlük temiz su kullanımı 38 000 litre azaltılır. Buna ek olarak, 7 teknedeki oluşan "open-width" yıkamasında bu sistem uygulandığında günlük temiz su tüketiminin 95 000 litre azaldığı görülmüştür. Pompalar, boru tesisatı ve seviye anahtarlarının maliyeti, 3500 ABD\$ ve elektrik maliyeti de 1000 ABD\$' dır. Buna karşılık günlük su tüketimi 133 000 litre azalmıştır. Bunun yanında azalan su tüketimi ile atık su miktarı dolayısıyla atık su maliyeti de azalmıştır. Atık suyun maliyeti 0,26 ABD\$/m³ ve temiz su bedeli de 0,4 ABD\$/m³ dür. Dolayısıyla toplam kazanım yıllık 21,875 ABD\$' dır.

Bu sistemin kurulması için yapılan yatırımın amortisman süresi 2 aydır. İşletmenin bu sistemi kurarak elde ettiği kar ise yıllık 20,000 ABD\$ üzerindedir (URL 3).

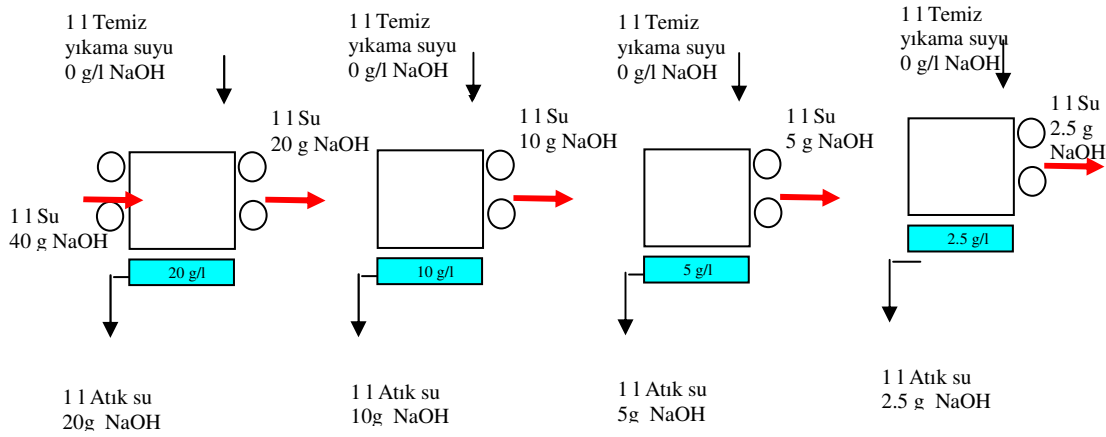
Örnek Çalışma 2: Mısır'da El-Nasr adında bir tekstil fabrikasında yapılan temiz üretim çalışmasında, su tüketimini azaltmak için yıkama proseslerinde ters akım sistemi uygulanmaya başlanmıştır. Yapılan araştırmalara göre, sistem için gerekli ekipmanların yatırım maliyeti 12,909.6 €' dur. Bu sistemin uygulanmasıyla elde edilen yıllık kazanım 65,064.4 €' dur. Dolayısıyla amortisman süresi ise 3 aydan daha kısadır (RAC/CP, 2002).

Örnek Çalışma 3: Bir tekstil fabrikasında, haşıl sökme-yıkama-ağartma işlemleri için saatlik 41,800 litre su kullanılmaktadır, bu da toplam su kullanımının % 90' ına karşılık gelmektedir. Bu değerler Tablo 13' de verilmiştir (USEPA, 1996). Ters akım yıkama sistemi uygulaması, su kullanımı ve atık su oluşumu 22,800 litre azaltmıştır. Bu da, kullanılan temiz suda % 60 oranında tasarruf sağlandığı anlamına gelmektedir.

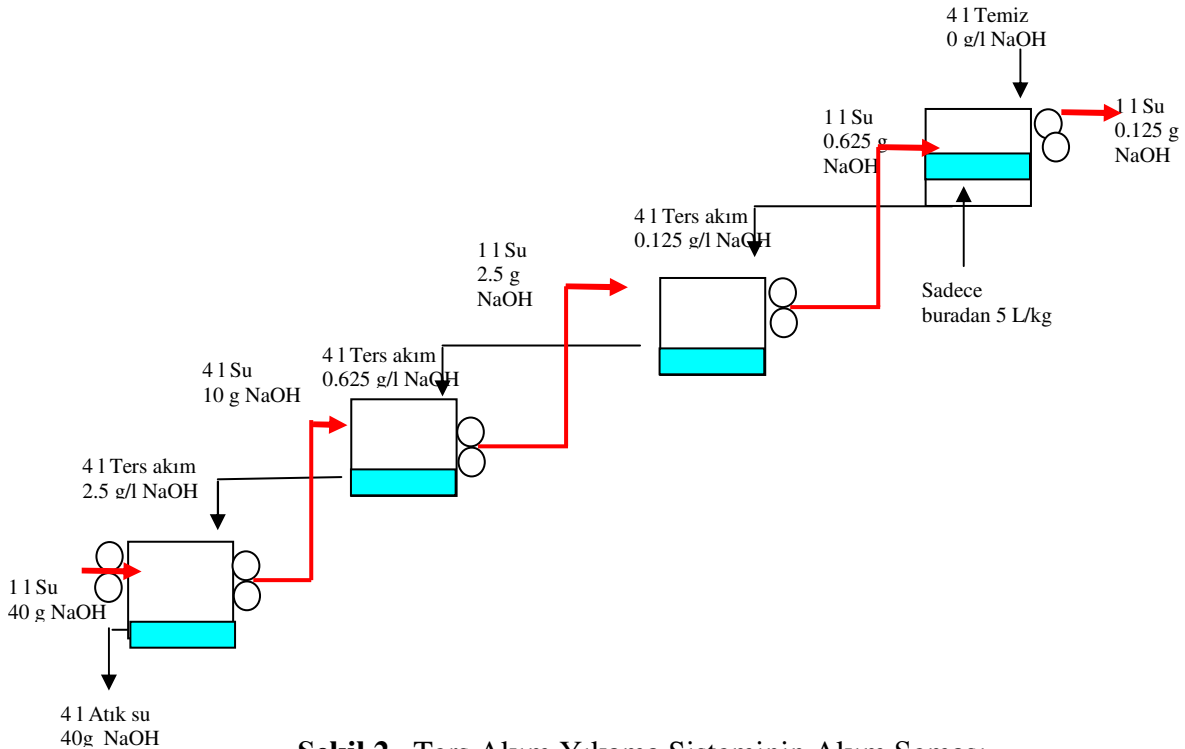
Tablo 12. Tipik Ağartma İşlemi için Ters Akım Sistemi ile Kullanım Suyu Azalması

	Ters akım uygulanmadan önceki su kullanımı (gal/h)	Ters akım sistemi uygulandığında su kullanımı (gal/h)
Toplam	11,050	5,050

Ters akım sisteminin kullanılmaya başlanması sonucunda işletme su tüketimini % 50 oranında azaltmıştır (BATEA, 2001).



Şekil 1. Geleneksel Yıkama için Su Akım Şeması



Şekil 2. Ters Akım Yıkama Sisteminin Akım Şeması

1.5.2. İndigo Hattı Ters Akım Yıkama Sistemine İlişkin ODTÜ -Orta Anadolu Ticaret ve Sanayi İşletmesi A.Ş Gelişim

İşletmede, indigo boyama hattında geleneksel yıkama sistemi kullanılmaktadır. Boyama bölümü, fabrikada su tüketiminin en fazla olduğu yerlerden biridir, fabrikada kullanılan suyun yaklaşık % 20'si burada tüketilmektedir.

07-11 Kasım 2005 tarihinde işletmeye yapılan gezide, bu bölümdeki sistemler incelendikten sonra, ters akım sisteminin kontinü yıkama işlemi gerçekleştiren ve su tüketiminin yüksek oranda olduğu indigo boyama hattı yıkamalarında uygulanabileceği düşünülmüştür. Tesis gezisi esnasında boyama hatları incelenirken, işletmeye bu seçenek ile ilgili bilgi verilmiş, konuşulmuş ve su tüketimini azaltmak açısından uygun bir seçenek olduğu kararına varılmıştır.

Bunun yanında, bu temiz üretim seçeneği üzerine çalışıldıktan sonra ODTÜ Proje Ekibi 6-8 Şubat 2006 tarihinde bir tesis ziyareti gerçekleştirmiştir. Bu ziyarette ters akım yıkama sistemi ile ilgili yapılan araştırmalar ve bulunan örnek çalışmalar işletmeye sunulmuş ters akım seçeneği üzerinde daha detaylı olarak konuşulmuştur. İşletme bu seçenek üzerinde olumlu yanıt vermiş ve ziyaret esnasında üzerinde çalışılmakta olduğunu belirtmişlerdir.

İşletme ile yapılan son görüşmede ters akım seçeneğinin uygulanabilmesi için gerekli ekipmanların siparişlerinin verildiği ve şu anda beklemede oldukları bilgisi alınmıştır. Gelişen aşamada, indigo boyama bölümünde bulunan dört hattan biri örnek olarak seçilmiştir ve ters akım yıkama sisteminin bu boyama hattında uygulanması üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Ters akım yıkama önerisinin indigo boyama hatlarında uygulanması sonucu su kullanımlarındaki azalma, eski ve yenilenmiş su kullanımı bilgileri dahilinde gözlemlemek amacıyla bu konuda detaylı bir çalışma yürütülecektir.

Fabrikada kullanılan suyun yaklaşık % 27'si terbiye bölümünde tüketilmektedir. Terbiye bölümündeki yıkama işlemleri kesintisiz olarak gerçekleştirilmektedir. Ters akım yıkama, kesintisiz yıkama ve su kullanım oranının yüksek olduğu terbiye bölümü için uygulanabilir

bir sistemdir. İşletme tarafından bu bölümdeki yıkamalarda ters akım yıkama sisteminin kullanılmakta olduğu bilgisi verilmiştir. Kullanılan ters akım yıkama sisteminin şematik gösterimi EK 2’de verilmektedir.

1.6. Ramözlerin Optimizasyonu ve Isı Eşanjörleriyle Isı Geri Kazanımı

Ramözler, tekstil terbiyesinde daha çok termofiksaj, kurutma ve termoselleme işlemleri ile bitim işlemlerinde kullanılmaktadır. Kabaca, kumaş terbiyesi sırasında her tekstil materyalinin bir ramözde ortalama 2,5 defa işlem gördüğü tahmin edilmektedir. Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı’nda belirtildiği üzere, ramözlerde enerji tasarrufu ramözlerden atılan havanın optimizasyonu ve ısı geri kazanım sistemlerinin kullanılmasıyla sağlanabilmektedir. Ramözlerdeki temel enerji kullanımı, havanın ısıtılması ve suyun buharlaştırılması içindir. Bu yüzden, kumaştaki nem miktarının ramöze girmeden önce en aza indirilmesi ve ramözden dışarıya atılan havanın azaltılması önemli hususlardır.

Ramöze giren kumaşın su içeriği, vakum ekstraksiyon sistemleri, geliştirilmiş sıkma merdaneleri gibi mekanik su uzaklaştırma ekipmanları kullanılarak en aza indirilebilmektedir. Kumaşın ramöze girmeden önceki nem miktarı, %60’dan %50’ye indirilirse, ramözde %15’den daha fazla bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Ramözden dışarı atılan havanın optimizasyonu, başka bir önemli konudur. Birçok ramözün kontrolü hala, atık hava çıkış ayarının elle ve kumaş kuruluşunun ramöz ustasının tahminine göre yürütüldüğü basit yöntemlerle yapılmaktadır. Optimum performans için atık havadaki nemin 0,1-0,15 kg su/kg kuru hava arasında olması gerekmektedir. Ramözlerdeki atık hava neminin sadece 0,05 kg su/kg kuru hava düzeyinde olduğu örnekler dahi bulunmaktadır. Bu da bize atılan sıcak hava miktarının çok fazla olduğunu ve bu havayı ısıtmak için gereğinden fazla enerji harcanıyor olabileceğini işaret etmektedir. Eğer hava akımı kontrol edilmezse, havayı ısıtmak için tüketilen enerji toplam enerji gereksiniminin %60’ından daha fazlasına ulaşabilmektedir.

Piyasada, atık hava miktarını; atık havadaki nem miktarına veya ramözden çıkan kumaştaki nem içeriğine ve sıcaklığına göre otomatik olarak ayarlayan ekipmanlar bulunmaktadır. Ramöz, 1 kg tekstil ürünü için 10 kg temiz hava yerine, 5 kg temiz hava ile çalışılabildiğinde, %57’lik bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Atık havadan ısı geri kazanımı, sıcak hava ile suyun ısıtıldığı ısı eşanjörlerini kullanarak sağlanabilmektedir. Böylece %70'e varan oranlarda bir enerji tasarrufu söz konusu olmaktadır. Elde edilen sıcak su, boyamada kullanılabilir. Atık gazların temizlenmesi için, sisteme isteğe bağlı olarak elektrostatik filtrasyon da ilave edilebilmektedir. Bu donanımların eski ramözlere sonradan takılmaları mümkündür.

Sıcak suya ihtiyaç yoksa, sıcak hava ile havanın ısıtıldığı ısı eşanjörleri kullanılabilir. Bunların verimlilik dereceleri, genelde %50-60 seviyelerindedir. Yaklaşık olarak %30'a kadar bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Ramöz atık havasının temizlenmesi için isteğe bağlı olarak, bir yıkama ünitesi tek başına veya bir elektrostatik filtrasyon ünitesi ile birlikte kurulabilmektedir (IPPC, BAT Dokümanı, Bölüm 4.8.1.). Bu konu ile ilgili örnek çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Örnek Çalışma 1: Bu örnek çalışmada, boyama sonrası yıkama prosesi suyunun ısısının geri kazanılması için bir ısı eşanjörü dizayn edilmiş ve yıllık 13,2 mega-joule ısı tasarrufu sağlanmıştır. Bu sistemin maliyet geri dönüş süresi 2 yıldan az olmuştur.

Örnek Çalışma 2: Bu konu ile ilgili bir örnek çalışma yapmış olan Özen Mensucat Boyama ve Apreleme Tesisi, atık sulardan ısı geri kazanımı yoluyla yıllık 150.000 Euro kadar yakıt tasarrufu gerçekleştirmiştir.

Özen tesisleri, günlük olarak 20 ton kadar kumaşı boyamakta ve her gün dış ortama verilen 3,000 ton atık su içindeki ısıyı, boyama tankları için ısıtılan soğuk suya aktarmaktadır. Şirket 6 ay içinde, yakıt tasarrufuyla ısı geri kazanım yatırımının tamamını amorti etmiştir. Diğer yandan, 18 derece sıcaklığındaki yeraltı suyunu boyama makinesi içinde gereken 95 dereceye ısıtmak için geçen süreyi yarı yarıya azaltarak da para tasarrufu yapılmıştır.

1.6.1 Orta Anadolu'da Isı Geri Kazanımına İlişkin Çalışmalar

Orta Anadolu'da İndigo, Haşılama ve Terbiye Bölümleri'nde kurutucu olarak barabanlar kullanılmaktadır. İndigo ve Terbiye Bölümleri'nde gelişmiş sıkma ekipmanları kullanılmakta olup halat veya kumaş, barabanlara girmeden önce istenilen nem miktarı bu sıkma

ekipmanlarıyla ayarlanabilmektedir. Ayrıca, kurutma işlemi sırasında halat ve kumaşa bulunan nemi ayarlamak için barabanlardaki sıcaklık yükseltip düşürülebilmektedir. Bu sıcaklığın ayarlanması elle değil, bir otomasyon sistemi tarafından yapılmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi, halat ve kumaş üzerindeki nem miktarı ölçülmektedir. Fakat, barabanlardan atılan sıcak havanın neminin belirlendiği bir ölçüm yapılmamaktadır. Bu nedenden dolayı, atılan sıcak havanın optimizasyonu ile ilgili bir gelişme kaydedilmesi mümkün görünmemektedir.

Terbiye Bölümü'nde yakın tarihte faaliyete geçen atık sıcak sudan ısı geri kazanım sisteminin istenildiği gibi çalışması, bahsi geçen ısı eşanjörleri ile ısı geri kazanım sistemlerinin Orta Anadolu için uygun olduğunu göstermektedir. Orta Anadolu Terbiye Bölümü'nün faaliyete geçirdiği bu sistem ile yıkamalardan atılan sıcak su, içindeki lif benzeri safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra ısı plakaları kullanılarak yıkama için kullanılacak temiz suyun ısıtılması sağlanmaktadır. Bu sistemin sağladığı başka bir fayda ise, yüksek sıcaklıktaki proses suyunun kanala verilmeden önce sıcaklığının düşürülmesidir.

Özellikle terbiye bölümünde, sıcak hava deşarjı dikkati çekmektedir. Bu sıcak hava, ısı eşanjörleriyle geri kazanılabilir. Bu amaçla, tesis, ısı eşanjörleri satan bir firmayla görüşmüştür. Bu firma yıl içerisinde tesisi ziyaret edip gerekli değerlendirmelerde bulunacaktır. Bu teknik sayesinde, büyük oranlarda ısı ve bunun yanında enerji geri kazanımı öngörülmektedir.

1.7. pH'sı Yüksek Suyun Asit Yerine Alternatif Yollar ile Nötralizasyonu

Yüksek pH'lı sularda boyama ve terbiye işlemleri sonrasında yapılan yıkamalardan kaynaklanan yine yüksek pH'lı suları, arıtma öncesi nötrleştirmek için kojenerasyon ünitesinden çıkan atık CO₂ gazı ile asidifikasyonu, bazı tesislerde başarıyla uygulanmaktadır. Bu sistem için, kojenerasyondan atılan havanın CO₂ gazı değerinin yüksek olması gereklidir. Tekstil atıksularının CO₂ ile nötralizasyonu hakkında örnek çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Örnek Çalışma 1: Örnek bir çalışma yapan Cranston Baskı İşletmesi, toksisite kullanımını azaltmaya yönelik yasa çerçevesinde atıksu arıtma tesisinde pH ayarlamak için kullanılan sülfürik asit yerine sıvı karbondioksit kullanarak atıksudaki toksisiteyi sıfıra indirmişlerdir.

Yeni pH ayarlama sisteminin işletmeye toplam maliyeti 115.000 ABD\$ olup, bu rakam sadece sıvı karbondioksit tankın maliyetine eşittir. Sıvı karbondioksit sülfürik asitten daha ucuz olduğu için işletme yıllık kimyasal alımından 60.000 dolar tasarruf etmiştir. Bunun yanında, sıvı karbondioksit sisteminin işletme maliyeti çok az olduğu için bu da işletmeye 20.000 ABD\$'lık ek bir tasarruf getirmiştir. Böylece, yatırım 1,5 yıldan daha az bir süre içinde işletmeye geri dönmüştür (RAC/CP, 2002).

Örnek Çalışma 2: Bu konuyla ilgili bir örnek çalışma İspanya'da gerçekleştirilmiştir. Fibracolor S.A. boyama, finiş ve baskı proseslerini bünyesinde taşıyan bir tekstil firmasıdır. Üretimden kaynaklı atık suyun hemen hemen tamamını proses sonrası işlemi bitmiş teknelerden boşaltılan kirli flotteler oluşturmaktadır. Alkalinitesi yüksek olan bu suyun biyolojik arıtmaya girmeden önce bir nötralizasyondan geçmesi gerekmekte ve firma bu işlem için sülfürik asit kullanmaktadır. Sülfürik asitin aşırı dozlanma riskine ek olarak kullanılan bu asit artırılmış sulara sülfat varlığını tetiklemektedir.

Nötralizasyon için sülfürik asitten vazgeçilmiş ve bunun yerine buhar üretimi sağlayan 2 kojenerasyon ünitesinden çıkan atık gazların kullanıldığı yeni bir asidifikasyon sistemi faaliyete geçirilmiştir. Kojenerasyon ünitelerinde yakıt olarak kullanılan fuel-oil ve doğalgazdan kaynaklı asit özelliği taşıyan karbon dioksit ve sülfür dioksit gazları bu yeni sistem için kullanılmıştır.

Bu sistem bazik suyu nötralize ederken bir yandan da havaya atılan atık gaz konsantrasyonlarını düşürmektedir. Böylece, hem aşırı dozlama riski hem de sülfürik asit kullanımını en aza indirilmiştir. Ayrıca, sülfürik asit kullanımının düşürülmesiyle bu asitin saklanmasıyla ilgili risklerde ortadan kalkmış olup herhangi bir kaza halinde asitten kaynaklı bir kirlenme de önlenmiştir (RAC/CP, 2002).

1.7.1. Asit Nötralizasyonuna Alternatif Değerlendirmeleri

Terbiye bölümünde yıkama suları kanala (arıtma tesisine gitmeden hemen önce) verilmeden önce asitle nötralizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Asit yerine sıvı CO₂ kullanımı alkali suyu nötrleştirmek için en iyi yollardan biridir.

Orta Anadolu bu opsiyonu daha önce değerlendirmiş ve faaliyete geçirmiştir. Ancak daha sonra sıvı CO₂'in maliyetinin asit uygulama maliyetinden çok daha fazla olması nedeniyle bu opsiyondan vazgeçilmiştir. Aşağıda asit yerine CO₂ kullanımı değerlendirilmektedir.

İşletmeden baca gazı emisyon raporu alınmış ve CO₂ oranının %2.9 olduğu görülmüştür. Bu düşük CO₂ değerinin sebebi, tesiste kojenerasyonda yakıt olarak doğalgaz kullanılmasıdır. Bilindiği gibi, doğalgaz hava emisyonları açısından en temiz yakıtlar arasında yer almaktadır. Bunun yanında, Orta Anadolu'ya ait baca gazı emisyon değerleri, yine yakıt olarak doğalgaz kullanan bir tesisin baca gazı emisyonlarıyla kıyaslanmış (bu işletmenin baca gazı emisyon raporundaki CO₂ oranı ise % 4'tür) ve bu iki emisyon değerinin paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Bu bilgiye dayanarak, baca gazından kaynaklı CO₂ ile pH'sı yüksek proses sularının nötralizasyonunun Orta Anadolu için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

1.8. Uygulanan Boyama Banyosunun Yeniden Kullanımı

IPPC Direktifi dahilinde hammadde kullanımının en aza indirilmesi, kütle dengesi sonucu hammaddenin üretim sonunda açığa belli bir oranda kirlilik olarak çıkacağı gerçeği ile paralel bir prensipten doğmuştur. Bu yaklaşım sonucu, IPPC Direktifi hammadde kullanımının mümkün olan koşullarda azaltılmasını zorunlu kılmaktadır.

Tekstil sektörü yüksek miktarlarda su kullanımının yanında, çeşitlilik ve de miktarsal olarak fazlalık gösteren kimyasal kullanımı ile de çevresel önem taşıyan endüstrilerden biridir. Boyama atıksuları, tekstil endüstrisindeki en önemli çevresel sorunlardan biridir. Bunun sebebi, içerisinde bulunan boya kimyasalları ve diğer yardımcı kimyasalların yüksek konsantrasyonlarda bulunmasıdır. Biyolojik olarak elimine edilebilirliği ve parçalanabilirliği zor bir atık olarak değerlendirilen boyama banyosu atıksuları, içerdiği renk ile de geleneksel atıksu arıtma teknolojileri ile kolayca arıtılamamaktadır. Özellikle biyolojik arıtıma sahip

endüstrilerde, boyama banyosu, üzerinde en çok çalışılması gereken atık sınıfına girmektedir. Biyolojik aktiviteye olan inhibisyonları en düşük düzeye indirmek adına, boyama banyosunun atık olarak değerlendirilmemesi tavsiye edilmektedir

Boyama banyosu çözeltilerinin yeniden kullanımı Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'nın 4.6.22 nolu bölümünde anlatılmış ve bu sektörde uygulanması zorunlu "En iyi teknikler" arasına girmiştir. Boyama sonunda kalan sıcak boyama banyosu çözeltisi, içerisinde kalan renk ve yardımcı kimyasal konsantrasyonu için analiz sonrası, yenilenebilmekte ve diğer parti boyamalar için yeniden kullanılabilir duruma getirilebilmektedir. Bu durum, kesintisiz boyamalar için şu şekilde mümkündür; boyama banyosu bir tanka ya da diğer boyama makinasına pompalanır. Depolama tankına pompalandığı takdirde bir sonraki boyama için boyama makinesine tekrar alınır. Boyama banyosu analizleri spektrofotometre ya da ürünün üzerine aldığı kimyasalın üretim tecrübesine dayalı bilgisi ile desteklenmektedir (US EPA, 1995). Boyama banyosu sıcak olduğu için enerji ve zamandan, dolayısıyla üretim hızından da kazanç sağlanacağı, sürdürülebilirlik konusunda bir kanıttır. Bunun yanında kimyasal ve yüksek miktarda su kazanımı sağlanması da mümkündür.

Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı'nda verilen örnek çalışmalarda da görülebildiği üzere bu metodla sağlanabilen kazanımlar bir örnek çalışmayla açıklanabilir. ENco adlı bir tekstil firmasının spesifik su tüketimi boyama için 9,5 L/kg iken, durulamadaki spesifik su kullanımı 7.8 L/kg'dır. Ve 1.7 L/kg su ise boyama ve yıkama sırasında fiberin üzerinde kalmaktadır. Toplam su tüketimi 17.3 L/kg'dır. Boyama banyosunun yeniden kullanımı için ortalama 1.7 L/kg su beslenir ve bu yenilenmiş boyama banyosu 4 kez kullanılır. Bu şekilde su kullanımından %33 kazanım sağlanmıştır. Kimyasaldan kazanım, su ve suyun deşarj ve arıtım bedeli kazanımlarına eklenince firmanın ekonomik fayda sağladığı bir gerçektir.

1.8.1. Tekstil Endüstrisinde Boyama Banyosunun Yeniden Kullanımı

Boyama banyosu çözeltisinin yeniden kullanımı 1970'lerin ortasında enerji ve su maliyetlerinin endüstriyel faaliyetlerde önem kazanmasıyla ortaya çıkmış bir metottur. Boyama banyosu yeniden kullanımı, tekstil ıslak proseslerinde kimyasal, enerji ve su maliyetinden kazandıran, bununla birlikte kirlilik kaynaklarında da azalma sağlayan etkili bir metoddur. Boyama banyosu yeniden kullanımı, 1980'lerden beri ön arıtma sistemlerine bir

alternatif oluşturmuştur. Çünkü boyama banyosunun yeniden kullanımıyla atıksu debisinde, BOİ ve KOİ yüklerinde %33 lere varan azalma sağlanabilmektedir. Bunun yanında bu yöntemle arıtma ile elde edilemeyecek olan kimyasal, su ve enerji kazanımları söz konusudur (Smith, 1986).

Bunun yanında boyama banyosu yeniden kullanımı kazanım ve ekipman harcaması anlamında tesis özelinde farklılıklar göstermektedir. Bugüne kadar literatüre geçmiş çok sayıda boyama banyosu yeniden kullanımı tekniği geliştirilmiştir. Prosedürler bazı boyama banyoları için mevcuttur. Mevcut olmayan banyo yeniden kullanım teknikleri ise üretim tecrübeleri ile denenmekte ve literatüre geçmeye devam etmektedir.

Pratik anlamda kullanılacak olan boyama banyosu içerisinde boyarmadde, yardımcı kimyasallar ve su içermektedir. Boyama esnasında bu banyodan dışarı en çok çıkan da boyarmadde ve de sudur. Çıkan miktar bu boyama banyosunun oturduğu dengeye bağlıdır. Bu dengenin oturması pH, sıcaklık, sıvı oranı gibi parametrelere bağlıdır. Fakat bazı reaktif boyalarda bu durum daha zordur ki Orta Anadolu bu yeniden kullanımı indigo boyada dahi başarmıştır.

Boyama banyosunda, boya %100 saflıkta bulunmaz. Bu da boyanın boyama esnasında daha az kaybına yol açar. Bununla birlikte boyama banyosu içerisindeki dispersant, tuz, alkali boyama süresince kalır ki bu optimum sayıda yeniden kullanım için avantajlı bir durumdur. Alkali ortam isteyen boyalar, ki Orta Anadolu'da küp ve kükürt boyalar da alkali ortam isteyen boyalardır, yeniden kullanım için saklanması kolay boyalardır.

Boyama banyosu içerisinde kalan kimyasallar, elektrolitler, tuzlar ve diğer biyolojik olarak parçalanabilirliği düşük kimyasallar (Orta Anadolu için söz konusudur) atıksu arıtmada oksijen transferi problemlerine ve biyolojik aktivitede inhibisyona yol açmaktadır.

Boyama banyosunun yeniden kullanımı için literatürde geçen ve dünya'da bir çok tekstil firması tarafından uygulanan metotlar şöyledir;

1. Boyama banyosunun depolanması: Banyo çözeltisi, bir tankta ya da ikinci bir boyama makinasında depolanır. O esnada boşaltılan boyama makina yıkaması gerçekleşir.

Boya banyosu yan hatta kullanılmaya devam edilebilir. Yıkaması biten hatta, banyo çözeltilisi yeniden pompalanır (Smith, 1986).

2. Boyama banyosundaki boya ve kimyasal eksiklerinin analizi: Spektrofotometre ya da özel üretim deneyimleriyle gerçekleştirilebilir.

Boyama banyosunda bir bulanıklık mevcutsa tanktaki boya miktarını belirlemek için ekstraksiyon yöntemi uygulanır.

3. Boya ve eksilen kimyasalların eklenmesi: Boyama banyosuna bu miktar kadar eklenecek boya yenilenmeyi sağlayacaktır. Ayrıca boyanan ürünün emme kapasitesi kadar suyun eklenmesi de hacmi tamamlayacaktır.

4. Başka boyama için yeniden kullanım: Hemen kullanılacağı takdirde, sıcak olan boyama banyosunun soğutulması gerekmektedir. Boyama sıcaklığına kadar soğutulması yeterlidir bu şekilde enerjiden tasarruf sağlanmaktadır (Smith, 1986).

Tekstil sektöründe boyama banyosu yeniden kullanımı örnek çalışmalarından yola çıkarak boyama banyosu yeniden kullanımının tipik maliyetleri ve kazanımları Tablo 13'teki gibi özetlenebilmektedir.

Tablo 13. Boyama banyosu yeniden kullanımının tipik maliyetleri ve kazanımları

Laboratuar ve destekleyici ekipmanlar	12,058 YTL
Makina modifikasyonları, tank, pompa, boru	20,100-33,500 YTL
Yıllık işletme maliyeti	1,340 – 2,680 YTL
Yıllık kazanımlar (toplam)	28,140 YTL
Boya ve kimyasallar	20,100 YTL
Su	1,005 YTL
Atıksu	1,005 YTL
Enerji	6,030 YTL
Kaynak: (Smith, 1986)	

Tablo 13'ten görülebileceği gibi ilk yatırım maliyeti en fazla 45,558 YTL iken yıllık işletme maliyeti dahil olmak üzere amortisman süresi 1,8 yıldır ve işletme sonrasında yılda en az 25,460 YTL kazanabilmektedir.

Firmalar boyama banyolarının yeniden kullanımı için metotlar geliştirmişlerdir. Bu durum IPPC Direktifi kapsamında gerekli görülmektedir. Her türlü tekstil sektörü için farklı boyama banyosu iyileştirme yöntemi geliştirmek, proses ve kullanılan boya çeşitliliği sebebiyle öngörülmektedir. Bu konuda firmaların kendi insiyatiflerini ve üretim tecrübelerini kullanarak metot geliştirmesi beklenmektedir.

1.8.2. İndigo Hattı Boyama Banyosu Yeniden Kullanımına İlişkin Gelişmeler

Orta Anadolu yetkililerinden; tesiste indigo, kükürt, indantren ve reaktif boyaların kullanıldığı; bunlardan reaktif boyaların talep olmadığından dolayı çok kullanılmadığı bilgisi alınmıştır.

Boyama banyosu çözeltilisinin yeniden kullanımının halen indigo boyalar için uygulandığı, ancak kükürt ve indantren boyalar için bunun uygulanmadığı görülmüştür. Tablo 14'te, Ocak 2006'da tesisten deşarj edilen boyama banyosu çözeltilisi miktarları gösterilmektedir. Buna karşılık gelen su, boya, diğer kimyasallar ve enerji maliyetleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 14. Ocak Ayı içerisinde dökülen boyama banyosu bilgileri (KB: Kükürt Boya)

Dökülen toplam hacim (L)	KB1 (kg)	KB2 (kg)	KB3 (kg)	KB4 (kg)	KB5 (kg)	KB6 (kg)
42.400	1000	27,5	17	22	110	99

Atıksu deşarj ve arıtım maliyeti ve enerji maliyeti hesaplandığında 5.5 YTL/m³ olduğu ve boyanın kilogram maliyetinin 1 Euro olduğu düşünüldüğünde,

$$42 \text{ m}^3 \times 5,5 \text{ YTL /m}^3 = 231.00 \text{ YTL}$$

$$1,275.5 \text{ kg} \times 1.60 \text{ YTL/kg} = 2040.80\text{YTL}$$

231.00 + 2020.80 = 2251.80 YTL aylık giderdir. Buna ek olarak, bu maddelerin atıksu arıtıma tesisinde söz konusu olumsuz etkisi de göz önüne alındığında, gerçek kazanımın daha büyük olacağı düşünülmektedir.

Bu konuyla ilgili olarak rehber olarak kullanılabilen bir döküman olan EPA'nın hazırlanmış olduğu "Boyanın Yeniden Kullanımında İşletme El Kitabı referans olarak tercih edilebilir (<http://p2pays.org/ref/02/01434/0143401.pdf>)

24 Mayıs 2006 tarihli tesis ziyaretinde işletme ile yapılan konuşma sonrası, boyama banyosu yeniden kullanımının, kullanılan boya türü için mali açıdan uygulanabilir olmadığı öğrenilmiş ve işletme tarafından katılımın durması sebebiyle bu alternatif üzerinde çalışmalar sonlandırılmıştır. Aynı tarihli tesis ziyaretinde kükürt boya için uygun yeniden kullanım prosedürü bulunmadığı konusu görüşülmüştür. Bu alternatif üzerinde durulmaması kararlaştırılmıştır.

1.9. Kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi

Su kullanımının yüksek olduğu indigo boyama bölümünde fabrikada kullanılan suyun yaklaşık % 20'si tüketilmektedir. Bu bölümde su kullanımını azaltmak için temiz üretim seçenekleri incelenmiş ve olası uygulanabilir yöntemler araştırılmıştır. Bu yöntemlerden biri de kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi yöntemidir.

Halat boyama hatlarında, boyama çeşidine göre kullanılan boyama teknesi ve yıkama teknesi sayıları çeşitlilik göstermektedir. Halat boyama sırasında, ön işlem ve yıkamasından sonraki boyama işleminde, ön işlem sırasında kullanılan kimyasallar gerekli olabilir. Bu da halatın yıkanmasına gerek kalmadığı anlamına gelmektedir. Bunun yanında bazı boyamalarda talebe göre de yıkama teknesi sayısı azalabilmektedir.

Böyle bir boyama işleminde kılavuz rotası değiştirilmeden boyamaya devam edildiği zaman gerekli olmadığı halde kullanılan boyama ve yıkama tekneleri sebebiyle büyük oranda su tüketimi ve enerji kaybı gerçekleşmektedir. Eğer, boyama işleminde kılavuz rotası

değiştirilerek gerekli olmayan yıkama tekneleri kullanılmaz ise büyük oranda su ve enerji tasarrufu gerçekleşecektir.

İşletmeye yapılan gezi sırasında, işletmeden alınan bilgiler doğrultusunda, bu tip boyamalar yapılırken zamandan tasarruf etmek ve üretim sürekliliğini sağlamak amacıyla, kılavuz rotası değişmeden boyamaya devam edildiği ve yıkama gerekmediği halde yıkama teknelerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu aşamada, su kullanımını ve enerji tüketimini azaltmak amacıyla kılavuz yolu değiştirilerek yıkamada gerekli olmayan teknelerin iptal edilmesi önerisi üzerinde durulmuştur.

Kılavuz rotasının değiştirilmesi için gereken iş gücü ve üretim kaybı gibi parametreler ile enerji ve su tasarrufu karşılaştırması yapabilmek amacıyla ekonomik analizler yapılmıştır. Gerekli değerlendirmeler sonucunda, önerinin uygulanabilir olduğuna karar verilirse, uygulamaya geçilebileceği düşünülmektedir.

Su, kimyasal ve enerji tasarrufuna önemli bir katkıda bulunan bu yöntemin uygulanmasıyla birlikte işletme önemli kazançlar sağlayacaktır.

Fakat kılavuz rotasının her boyama için değiştirilmeyeceği, ve dolayısıyla her boyama için üretim kaybı olmayacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Böylece kılavuz değişimiyle elde edilen su kazanımı sonucu olan mali kazanım, üretim kaybından çok daha fazla kazanç sağlayacaktır.

İşletme su kullanımının optimize edilmesi üzerine olan bu öneriyi olumlu karşılamıştır. İşletme boyama yüzdesine bağlı olarak yıkama teknesi sayısını değiştirme faaliyetini gerçekleştirmeye başlamıştır. Su kullanımlarındaki azalma veriler doğrultusunda incelenecektir.

1.10. Terbiye yıkama sularının arıtılıp sistemde yeniden kullanımı

Bölüm 1.3'ten itibaren konusu geçen suyun kullanımının optimizasyonu ve yeniden kullanımı ile azaltılması çalışmaları dünya genelinde ve IPPC, Tekstil Sektörü BAT Referans Dokümanı

dahilinde Tekstil Endüstrisi için uygulanması önerilen bir kirlilik önleme ve azaltma yöntemidir.

ODTÜ IPPC Proje Grubu tarafından 6-8 Şubat 2006 tarihlerinde gerçekleşmiş olan tesis ziyaretinde de Terbiye Bölümü'nde, Makine 1 çıkış suyunun, eşanjöre girmeden önce döner bir metal filtre yardımı ile bir miktar elyaf kirliliğinden arındırıldıktan sonra eşanjöre girdiği ve sonrasında da atıksu kanalına verildiği öğrenilmiştir. Bu konu ile ilgili yeniden kullanım önerisinin gündeme getirilmesi ile proses müdürü, sudaki rengin problem yaratabileceğini belirtmiştir.

Bu atıksuyun diğer atıksulardan farkı, bu suyun elyaf kirliliği ve alkaliniteden bir miktar arınmış olmasıdır. Tablo 15'de eşanjör çıkışı su numunelerinde yapılan ilk analiz sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 15. Terbiye eşanjör çıkışı su analizleri (farklı boyamalar sonrası olan işlemler için)

	Terbiye 1	Terbiye 2
KOİ (mg/L)	1264	1960
Renk (Pt-Co)	2350	1600
Bulanıklık (NTU)	110	282
Toplam Askıda Katı Madde(mg/L)	50	72
Toplam Çözülmüş Katı Madde (mg/L)	1554	1812
İletkenlik(mS/cm)	1,2	1,9
pH	11,25	11,69
Alkalinite (mg/L)	284	370

Tablo 15'ten de anlaşılacağı üzere indigo hattındaki boyama sonrası yıkamalar ve ön işlem sonrası yıkamalarla ve Tablo 8'deki değerlerle karşılaştırıldığında askıda katı madde ve alkalinite değerleri oldukça düşüktür. Fakat renk problemi mevcuttur.

Bununla ilgili olarak renk değerlerini % 80'lere varan bir oranla düşürme performansına sahip bazı yumaklaştırma, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon gibi arıtım teknolojileri ile diğer atıksu

kaynakları ile karışmadan toplam atıksuya uygulanan arıtım teknolojilerinden daha basit bir yöntemle geri kazanılması düşünülmektedir. Tablo 16’da terbiye prosesi Makine 1 için 2005 yılı için aylık su kullanımları verilmiştir.

Tablo 16. Su kullanımları

Su kullanımı (m³)	
Ocak	31,398
Şubat	44,418
Mart	39,547
Nisan	33,667
Mayıs	37,964
Haziran	33,262
Temmuz	39,857
Ağustos	38,017
Eylül	39,911
Ekim	31,160
Kasım	24,699
Ortalama	35,809

Aylık ortalama su kullanımı 2005 yılı için fabrika genelinde 174,175.5 m³ tür. Tablo 16’dan, Makine 1’deki su kullanımının toplam su kullanımının %25’inden fazla olduğu görülmektedir. Bu da suyun geri kazanımı konusunda ciddi bir hareket ettirici bir güç oluşturmaktadır. Tüm bunlarla ilgili olarak Proje Ekibimizce projenin ilerleyen zamanlarında arıtma teknolojileri konusunda araştırma yapılacak ve minimum arıtma ile yeniden kullanım için ulaşılabilecek optimum kirlilik değerlerindeki suyun geri kazanımının sağlanması amaçlanacaktır.

2. Orta Anadolu için Uygulanması Önerilen Kirlilik Önleme ve Azaltma Teknikleri için Özet Durum

2.1. “24 Mayıs 2006” Tarihli Toplantı Sonrası “Orta Anadolu Ticaret ve Sanayi İşletmesi A.Ş. için BAT Referans Dokümanı’nda Yer Alan En Uygun Teknikler” Konulu Çalışmada Son Durum

Bu bölümde yapılmış çalışmaların son durumunu ortaya çıkaran, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Orta Anadolu A.Ş.'nin ortak çalışması olan "Tekstil Sektöründe Avrupa Birliği IPPC Direktifi ile uyum Çalışmaları: BAT Uygulamaları" isimli proje kapsamında, 24 Mayıs 2006 tarihinde düzenlenen toplantı dahilinde konuşulan konular arasında bulunan "Orta Anadolu A.Ş. için BAT Referans Dokümanı'nda yer alan en uygun teknikler" başlıklı çalışmanın özeti ve toplantı sonrası durumu yer almaktadır.

Bu toplantı, çalışmalarda gelinen noktanın görülebilmesi ve devam edecek olan çalışmalara yönelik planlar adına önem taşımaktadır.

Toplantıya tüm kurumlardan ilgililerin katılımıyla üzerinde çalışılan bu konuya dair başlıklar aşağıdaki gibidir.

- 1 Alternatif Kimyasal Kullanımı
- 2 Merserizasyon durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması ve tekrar kullanılması
- 3 İndigo Hattı yıkama suyunun yeniden kullanımı ve tasarrufu
- 4 Terbiye bölümünde otomatik durdurma valflerinin kullanılması
- 5 Halat boyamada ters akım prensibi ile yıkama
- 6 Ramözlerin Optimizasyonu
- 7 Uygulanan boyama banyosunun yeniden kullanımı
- 8 Kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi
- 9 Eşanjör çıkışı terbiye yıkama suyunun arıtma teknolojileri kullanılarak yeniden kullanımı

Tüm bu maddelerle ilgili konuşulan ve karara varılan konularla ilgili özet şu şekilde yapılabilir.

2.1.1. Alternatif kimyasal kullanımı

Üretimde kullanılmakta olan çevresel açıdan problemli olarak tespit edilen kimyasalların eşlenikleri ile değiştirilmelerini kapsamaktadır. İşletmenin isteği üzerine çevresel açıdan problemli görülen bazı kimyasallar ve bu kimyasalların eşlenikleri üzerinde biyolojik olarak parçalanabilirlik testleri gurubumuz tarafınca yürütülmektedir. Elde edilen sonuçlar işletme

ile paylaşılacak olup, gerekli görülen yerlerde kimyasal değişikliğine gidilmesi düşünölmektedir.

2.1.2. Merseurizasyon durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması ve tekrar kullanılması

İşletme KASAG makinası kullanımı için İndigo Hattındaki merseurizasyonlu önişlem sonrası yıkama suyundan alkali ve su geri kazanımının uygulanabilir olmadığı görüştündedir. Terbiye bölümünde renk konusunda problem aşılırsa KASAG makinası kullanımının uygulanabilir olacağı düşünölmektedir. Çalışmalar 2.1.9 maddesiyle paralellik gösterecektir.

2.1.3. İndigo hattı yıkama suyunun yeniden kullanımı ve tasarrufu

Yapılan analizler sonucu sudaki farklılıklar göz önünde bulundurularak üretime dayalı yöntemler üzerinde durulamamaktadır. İşletme su beslemesi ve fiksasyondan kaynaklı karakterizasyon farklılıkları konusunda hem fikirdir.

Fakat su beslemesinde sabitleme çalışmaları mevcuttur. L/kg su kullanımını sabitlemek hedeflenmiştir. Sabitlenen su beslemeleri dahilinde devam edecek olan çalışmaların hedefi boyama özelindeki su kullanımının optimizasyonudur.

2.1.4. Terbiye bölümünde otomatik durdurma valflerinin kullanılması

Olası bir kesinti durumunda durdurma gerçekleşmektedir ve bu konuda yatırıma gerek duyulmamaktadır.

2.1.5. Halat boyamada ters akım prensibi ile yıkama

İşletmede halat boyamada ters akım uygulaması çalışmaları başlamıştır. Kullanılan teknik ve su kullanımındaki azalma konusunda elde edilecek veriler dahilinde çalışmalara devam edilmektedir.

2.1.6. Ramözlerin optimizasyonu

22.02.2006 tarihli işletme gezisi sırasında, sıcak havanın ısı eşanjörleriyle geri kazanılması amacıyla 2006 Mart ayı içerisinde Orta Anadolu'da bir çalışma yapılacağı bilgisi verilmiştir. Mart ayı içerisinde yapılması planlanan görüşme henüz yapılmamıştır. Fakat firma ile görüşmeler devam etmektedir.

2.1.7. Uygulanan boyama banyosunun yeniden kullanımı

Kükürt boya için uygun yeniden kullanım prosedürü bulunmamaktadır. Bu alternatif üzerinde durulmayacaktır.

2.1.8. Kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi

İşletme boyama yüzdesine bağlı olarak yıkama teknesi sayısını değiştirme faaliyetini gerçekleştirmeye başlamıştır. Su kullanımlarındaki azalma veriler doğrultusunda incelenmektedir.

2.1.9. Eşanjör çıkışı terbiye yıkama suyunun arıtma teknolojileri kullanılarak yeniden kullanımı

Suyun karakterizasyon çalışmaları devam etmektedir. Çalışmalar 2.1.2 maddesiyle paralel olarak devam etmektedir.

2.2. İşletme Tarafından Uygulanmış Temiz Üretim Seçeneklerine Ait Özet Liste ve Çalışma Planı

2.2.1. Alternatif kimyasal kullanımı

Konuyla ilgili detay çalışmalar proje ekibimiz tarafından yukarıda belirtildiği gibi yapılmaktadır.

2.2.2. İndigo hattı yıkama suyunun yeniden kullanımı ve tasarrufu

Orta Anadolu A.Ş. halat boyama bölümünde, boyama yüzdesine bağlı olarak yıkama teknesi sayısı konusundaki optimizasyon çalışmalarını gerçekleştirdiğini söylemiştir. Yıkama teknesi iptali gereken boyamalarda bunu gerçekleştirmenin yanında, yıkama suyunun yeniden kullanımı da uygulanan temiz üretim yöntemleri arasındadır.

Konuyla ilgili kullanılmış olan teknikler üzerinde detaylı bir şekilde çalışılacaktır. Su kullanımlarındaki azalma, eski ve yenilenmiş su kullanımı bilgileri dahilinde gözlemlenecektir.

2.2.3. Halat boyamada ters akım prensibi ile yıkama

Bu konuyla ilgili olarak da yine bir önceki madde ile paralel çalışmaları gerçekleştirmek söz konusu olabilecektir. Bununla birlikte söz konusu aynı boyamalar için su beslemesinde düşüş ya da yıkama veriminde artış da analizlerle belirlenecektir.

2.2.4. Ramözlerin optimizasyonu

Öneri sonrası beklenen yatırımın yapılması halinde yakıt kullanımındaki azalma gibi diğer göstergeler üzerinde çalışılacaktır.

2.2.5. Kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi

Su, kimyasal ve enerji tasarrufuna önemli bir katkıda bulunan bu yöntemin uygulanmasıyla birlikte işletme önemli kazançlar sağlamıştır. Bu kazançların miktarsal olarak belirlenmesi çalışmaları gerçekleştirilecektir..

Tüm bunların yanında, barabanları yıkama suyunun yeniden kullanım çalışmaları gibi yukarıdaki son listeye eklenebilecek olan diğer temiz üretim önlemleri dahilinde analizler ve veri toplama çalışmaları devam etmektedir.

Kaynaklar

1. September 2002, *Pollution prevention in the Textile industry within the Mediterranean region*, Regional Activity Centre for Cleaner Production (RAC/CP) Mediterranean Action Plan Study.
2. USEPA, 1997, EPA Office of Compliance Sector Notebook Project: Profile of the Textile Industry, U.S. Environmental Protection Agency
3. USEPA, 1996, Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, EPA, Office of Research and Development.
4. *Water efficiency Industry specific process*, Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance of North Carolina Department of Environment and Natural Resources.
5. Snowden-Swan, L.J. "Pollution Prevention in the Textile Industries," in *Industrial Pollution Prevention Handbook*, Freeman, H.M. (Ed.), McGraw-Hill, Inc., New York, 1995.
6. Smith B., 1986, *Identification and Reduction of Toxic Pollutants in Textile Mill Effluents*, Office of Waste Reduction N.C. Department of Environment, Health, and Natural Resources.
7. Hendrickx I., Boardman G.D., May 1995, *Pollution Prevention Studies in the Textile Wet Processing Industry*.
8. D. Alvarez, N. Garrido, R. Sans, I. Carreras, 2003, Minimization-Optimization of Water Use in the Process of Cleaning Reactors and Containers in a Chemical Industry, *Journal of Cleaner Production*, 12, 781-787
9. EG 98, Environmental Technology Best practice Programme, 1997, Guide Water Use In Textile Dyeing And Finishing, UK
10. N. M. H. EL Defrawy, *Water Management In Textile Industry, Technical And Economic Aspects*, Taylor & Francis, 2002
11. GG 62, Environmental Technology Best practice Programme, 1997, Water and Chemical Use In the Textile Dyeing and Finishing Industry
12. Li, X.Z.; Zhao, Y.G. Advanced treatment of dyeing wastewater for reuse. *Water Sci. Technol.* 1999, 39 (10–11), 245–255.
13. Hoehn, W. *Textile Wastewater-Methods to Minimize and Reuse; Textilveredlung, reuse standards*, Thies-Handbuch fu" r den Garnfaerber, 1998.
14. Smith B, 1986, *Identification and Reduction of Pollution Sources in Textile Wet Processing*, Department of Textile Chemistry School of Textiles North Carolina State University Raleigh

15. UBA, (2001). BAT Reference Document – Germany
16. USEPA, “Epa Office Of Compliance Sector Notebook Project: Profile Of Textile Industry”, USEPA, Washington, DC, EPA/310-R-97-009, September 1997, pp. 78.
17. BTTG, British Textile Technology Group(1999), Report 5: Waste Minimzation and Best Practice, British Textile Technology Group.
18. De Florio L., Diordano A., Mattioli D., Nanofiltration of Low-contaminated Textile Rinsing Effluents for On-site Treatment and Reuse, Dessalination 181(2005) 283-292.
19. Hart O. O., Groves G. R., Buckley C. A., Southworth B., A Guide for the Planning, Design and Implementation of Wastewater Treatment Plants in the Textile Industry, Part One: Closed Loop Treatment/ Recycle System for Textile Sizing/ Desizing Effluents, 1983.
URL1:<http://elca2.bologna.enea.it/cm/navContents?l=EN&navID=textile&subNavID=2&pageID=13>
URL2: www.e4s.org.uk/textileonline/content/6library/report5/1_waste_minimization.html
URL 3: <http://www.dem.ri.gov/programs/benviron/assist/p2cases/case33.pdf>

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Ön İşlem (1)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Ön terbiye ve boyama işlemlerinde biyolojik olarak parçalanabilen/elimi ne edilebilen kompleks oluşturucu maddelerin (iyon tutucuların) seçimi (4.3.4)	Kompleks oluşturucu maddelerin kullanılması gerektiğinde, polikarboksilatlar veya substitüye polikarboksilik asitler, hidrosikarboksilik asitler (ve bazı şeker-akrilik asit kopolimerleri), konvansiyonel (EDTA,DTPA,NTA) kompleks oluşturucu maddelere alternatiflerdir.	Orta Anadolu’da kompleks oluşturucu madde olarak bir EDTA türevi olan tetrasodium ethlenediaminetetraacet ate iyon tutucu madde kullanılmaktadır.	Yüksek N- ve P- içerikleri, ve düşük olan biyolojik parçalanabilirlik/elimine edilebilirlikleri, Ağır metallerin yeniden serbest hale geçmesine sebep olan stabil metal kompleksleri oluşturmaları istenmeyen bir durumdur.	Konvansiyonel kompleks oluşturucu maddelerin biyolojik olarak parçalanabilirlik/elimine edilebilen kompleks oluşturucu maddelerle değiştirilmesi sayesinde; Arıtılmış atık suların boşaltıldığı sularda ötrofikasyon azalır. Atıksuların biyolojik olarak parçalanabilirliği artar Çöktürlerdeki ağır metallerin yeniden harekete geçme riski azalır. N- ve P- içermeyen bileşiklerin	İşlemlerde bir değişiklik gerekmemektedir. Uygulanabilirlik: Hem kesintili hem de kesintisiz işlemlerde kullanılabilirlerdir. Yan Etkileşimler: -

				maliyetleri, özellikle şeker-akrilik kopolimerleri için, her ne kadar bazı durumlarda bunlardan daha yüksek miktarlarda kullanmak gerekse de, diğer N-ve P-içeren ürünlerin maliyetleriyle yaklaşık aynı seviyelerdedirler.	
--	--	--	--	---	--

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Merserizasyon (2)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER, UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Merserizasyon durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması ve tekrar kullanılması (4.5.7)	Tekstil materyali kostiğin uzaklaştırılması için durulama suyu seyreltik kostik çözeltisidir (40 – 50 g NaOH/L) ve geri dönüşüm için	Orta Anadolu’da kostik geri kazanımı için KASAG adı verilen bir makina mevcuttur fakat terbiyede gabardin hattı çok kullanılmadığı için kostik geri kazanımı yapılmamaktadır.	Atık suyun yüksek alkali içeriği ve kostik kayıplarıyla ilgili ekonomik hususlar.	Atık suyun alkali yüklenmesi azalır. Yatırım maliyeti 200000-800000 Euro arasında değişmektedir. Geri ödeme süresi tesisin büyüklüğüne ve	<u>Uygulanabilirlik:</u> Bu teknik hem yeni hem de mevcut sistemlere uygulanabilir. <u>Yan Etkileşimler:</u> -

	buharlaştırma ile yoğunlaştırılabilmektedir.			günlük kullanım süresine bağlıdır.	
BAT ÖNERİLERİ Merserizasyon (3)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER, UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Alkali içeren atık suyu diğer hazırlık işlemlerinde tekrar kullanılması (Sayfa 489)	-	Orta Anadolu'da uygulanmamaktadır.	Atık suyun yüksek alkali içeriği ve kostik kayıplarıyla ilgili ekonomik hususlar.	Atık su ve kostik miktarının azalması	<u>Uygulanabilirlik</u> : Bu teknik hem yeni kurulacak hem de mevcut sistemlere uygulanabilir. <u>Yan Etkileşimler</u> : -

ORTA ANADOLU A.Ş.'YE SUNULAN İLK "MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER" ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİ
----------------------	--------------------	---------------------------------------	----------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

BOYAMA (4)					RLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Boya formülasyonlarında daha yüksek biyolojik elimine edilebilirliğe sahip dispergatör kullanımı (4.6.3)	<p>Bazı küp boyalar için; Kısmen yağ asidi esteri esaslı optimize edilmiş ürün kullanımı</p> <p>OECD 302 B (zahn – wellens/EMPA test: ÇOK ya da KOİ’de azalma)</p>	<p>Orta Anadolu’da boyama bölümünde dispergatör kullanılmaktadır. Bu dispergatör önerilerden B seçeneği ile paralellik göstermektedir.</p> <p>Bu kimyasalın formaldehit içeriği ağırlık bazlı % 0.05’den azdır. * % 0.1’den az olmalıdır</p> <p>(MGBF=naphthalenesulfonic acid-formaldehyde-polycondensate as sodium salt)</p>	<p>Dispergatörlerin liflere afiniteleri olmadığından bunlar nihai atıksu’da bulunmaktadır.</p> <p>Klasik dispergatörlerin biyolojik atıksu arıtma sistemindeki biyoeliminasyon oranları düşüktür. (% 20 – 30)</p>	<p>A) ürünün dispersiyon etkisi geliştirilmiş olup daha az dispergatör kullanımı sağlaması, yüksek biyoeliminasyon oranları (% 90 - 93) (Kirlilik Önleme)</p>	<p>A) işlemlerde bir değişiklik gerekmemektedir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Bazı küp boyaların sıvı formülasyonları için kullanılabilirlik.</p> <p>Yan Etkileşimler: -</p>
	<p>B) Aromatik sülfonik asitlerin sodyum tuzu karışımlarına dayalı dispergatörlerin kullanılması / OECD 302 B (naftalinsülfonik asitlerle formaldehitin geleneksel kondenzasyonları)</p>	<p>Test metodu: OECD 303A; ISO 11733; 92/69 EEC, V, C.10 (aerobik)</p> <p>Analiz metodu: KOİ azalması</p> <p>Elimine edilme oranı: 30 - 70 %</p> <p>Değerlendirme: tam/kısmi sudan elimine edilebilirlik. Kimyasal Oksijen İhtiyacı:</p>		<p>B) Bu modifiye dispergatörlerin biyokütle tarafından adsorbe edilme oranları daha yüksek olması sebebiyle biyolojik elimine edilme oranlarının yüksek olması (%70) (Arıtma Aşaması)</p>	<p>B) İşlemlerde bir değişiklik gerekmemektedir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Granül ya da sıvı fazdaki küp boyalar için kullanılabilirlik.</p> <p><u>Yan Etkileşimler:</u> -</p>

		(KOİ): yaklaşık 1.300 mg/g			
--	--	----------------------------	--	--	--

*Ref: <http://elca2.bologna.enea.it/cm/navContents?l=EN&navID=textile&subNavID=2&pagID=13>

BAT ÖNERİLERİ	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>BOYAMA (5)</p> <p>Küp boyalarıyla pastelden açık tonlara kadar boyamalar için tek adımlı kesintisiz boyama (4.6.4)</p> <p>Uygulanamama sebebi:</p> <p>Yıkamasız boyama kumaş boyamalar için uygundur. Boyanmış halat, sonrasında bir çok işleme tabi</p>	<p>Boyarmadde pigmentlerinin emdirilmesi→ara kurutma→kimyasalların emdirilmesi → buharlama→oksitleme → yıkama</p> <p>YERİNE</p> <p>Boyarmadde ve kimyasalların tek adımda emdirilmesi → kurutma → termofiksaj</p> <p>aşamaları olarak işletilmesi</p> <p>özel olarak seçilmiş</p>	<p>Orta Anadolu'da küp boya olan indigo ve indantren boyamada boyarmadde ve boyarmaddeyi destekleyici kimyasallar tek adımda emdirilirken, boyama sonrası arka yıkama ve yumuşatma aşamaları mevcuttur.</p> <p>Koyu boyamalarda kullanılan indigo için geçerliliği araştırılmalıdır. İndantren boyama için uygulanabilir.</p>	<p>Su kullanımı ve enerji kullanımlarının yüksek olması, atıksu miktarının yüksek olması</p>	<p>İşlem adımlarının sayısı azalmakta, özellikle yıkama işlemlerinin ortadan kalkması, işlem sonunda sadece atık emdirme flottesini atılması, su tüketiminin yaklaşık olarak 0.5 L/kg'a düşmesi, kimyasal madde ve enerji kullanımında tasarruf.</p> <p>İşletmede halat boyama için</p>	<p><u>İşlemsel Veriler:</u> Emdirme Flottesini için tipik reçete uygulaması mevcuttur: Binder: 30-40 g/L Sodyumsülfat: 5-10 g/L Antimigrasyon maddesi: 10-20 g/L Boyarmadde: 2.5 g/kg'a kadar</p> <p>Flotte miktarı %50-65 (ağırlık bazında) Emdirme sıcaklığı < 35°C</p>

tutulacağından işlemsel verimsizlik ve kalitede düşüşe yol açar.	düşük migrasyon eğilimine sahip küp boyaların kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, emdirme flottesinin stabilitesini geliştiren ve yüksek haslık seviyeleri sağlayan poliglikol ve akrilik polimerleri esaslı yardımcı maddelerin kullanımı da gerekli olmaktadır.			boyanan iplik miktarı başına düşen su kullanımı 35.93 L/kg olarak hesaplanmıştır.	Ara kurutma 100-140 °C Termofiksaj 170 °C ,30 sn <u>Uygulanabilirlik:</u> açık boyamalarda (%50 alınan flotte oranında yaklaşık 5 g/L boyarmadde konsantrasyonuna kadar uygulanabilir. <u>Yan Etkileşimler</u> -
BAT ÖNERİLERİ BOYAMA (6)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER, UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Kükürt boyaları yerine indirgen maddesi ya da boya maddesi daha az kükürt içeren ya	<u>Klasik toz ve sıvı kükürt boyalar yerine:</u> • Ön indirgenmiş boyarmaddeler (%1'den daha az kükürt içeren)	Orta Anadolu'da sülfid içeriği fazla olan 3 adet boyarmadde tespit edilmiştir. Orta Anadolu'da kükürt boyama yapılmaktadır.	Fazla kükürt aquatik toksisiteye sebep olmakla beraber kötü	• Atık sulardaki kükürt içeriğinin en aza indirilmesi • Ön	<u>İşlemsel Veriler:</u> BAT'da ön indirgenmemiş kükürt boya ile indirgen madde

<p>da hiç içermeyen boyaların kullanımı (4.6.6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●Ön indirgenmemiş kükürt içermeyen boyarmaddeler (oksitlenmiş formda suda çözülebilen) ●Ön indirgenmemiş kükürt içermeyen boyarmaddeler (dayanıklı süspansiyonlar) <u>ya da indirgen olarak sülfürlü kimyasal yerine:</u> ●sodyumdiyonit ve glikoz ●hidroksiaseton ve glikoz ●formamidinsülfirik asit ve glikoz 	<p>İndigo için de olduğu gibi kükürt boyamada da indirgen olarak kükürt içeren kimyasallar kullanılmaktadır..</p>	<p>kokulara neden olmaktadır. Bu da çevre ve çalışma koşullarındaki kalitenin düşmesine sebep olmaktadır.</p>	<p>indirgenmemiş kükürt içermeyen stabilize boyarmaddeler kükürt boyalardan daha pahalıdırlar fakat arıtım için düşünüldüğünde de arıtım maliyetinde düşüş sağlanabilmektedir.</p>	<p>olarak glikoz ve sodyumdiyonit'in birlikte kullanıldığı reçete örneği verilmiştir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Kesintisiz boyamalarda kullanılabilir. Alışılmış kükürt boyamalara kıyasla olası ton farklılıkları dikkate alınmalıdır.</p> <p><u>Yan Etkileşimler:</u> indirgen madde olarak sodyumdiyonit'in kullanıldığı durumlarda atık sudaki sülfite içeriği dikkate alınmalıdır.</p>
---	---	---	---	--	---

BAT ÖNERİLERİ BOYAMA (7)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER, UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>Boyarmaddenin indirgenmesi için gerekli miktarda indirgen kullanılması (4.6.6)</p> <p>Uygulanamama sebebi: Azot Kullanımı kesintili sistemler için uygunluk gösterir. Kesintisiz sistemlerde kapalı teknelerde çalışmak mümkün olmadığından azot kaçıışı kaçınılmazdır.</p>	<p>Çözünmüş boyanın atmosferdeki oksijen tarafından tüketilmesinin engellenmesi amaçlı teknedeki flotte ve havadaki oksijeni uzaklaştırmak için azot kullanımı</p>	<p>Orta Anadolu'da indirgen maddenin atmosferdeki oksijen tarafından indirgenmemesi için bir miktar indirgenmiş boyayı kristalleştirerek tekne yüzeyinde bir tabaka oluşturmakta ve bu şekilde indirgenmiş boyanın oksitlenmesini engellemektedir. Fakat bu işlem sonunda fazla indirgen madde ve boyarmaddenin, yani flottenin atık olarak atıksuya karışmasına sebep olmaktadır.</p>	<p>Atıksuda fazla kimyasal (genellikle sülfür)</p>	<p>Atıksudaki toksisite yükünün azaltılması, daha az kimyasal kullanımı</p>	<p><u>İşlemsel Veriler:</u> Azot kullanımı için ek bir azot tankı gerekmektedir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Her türlü boyamada uygulanabilir.</p> <p><u>Yan Etkileşimler:</u> -</p>

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ BOYAMA (8)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER, UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>Emdirme yöntemine göre boyama tekniklerinde boya flottesini kayıplarının en aza indirilmesi (4.6.7)</p> <p>Uygulanamama sebebi: İlk madde kumaş boyama için söz konusudur.</p> <p>İkinci ve üçüncü</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Emdirme adımının sıkma merdaneleri arasındaki üst boşluğa flotte koyulması (nip dying) veya tekne hacminin en aza indirilmesi (U-şeklinde şasi, esnek şasi) ● Hammadde girdileri için kontrollü dozaj sistemleri (boyarmadde çözeltisi ve yardımcı kimyasalların dağıtım ayrı ayrı borulardan yapılmalı, tam tekneye gireceği sırada 	<ul style="list-style-type: none"> ● Orta Anadolu boyama teknesi fulard tipi teknedir. ● 4. hat için boyarmadde çözeltisi ve yardımcı kimyasalların dağıtım ayrı ayrı borulardan yapılmakta, tam tekneye gireceği sırada karıştırılmaktadır. 	<p>Emdirme yöntemine göre boyama işlemlerindeki temel emisyon kaynaklarını, her partinin sonunda yeni bir renkte boyamaya geçilirken, tekne, pompa ve borulardaki atık boyanın flottesinin boşaltılması oluşturmaktadır.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Klasik emdirme teknelerinin hacmi 30-100L’dir.U-şeklindeki tekneleri (12L)kullanmak, artık flotte miktarını tekne başına %60-90 oranla düşürmektedir. Nip boyama ile bu azalma %95’e kadar varmaktadır. ● Kimyasallar ve boyaların işleme kadar ayrı ayrı dağıtılmasının, daha sonra tekrar kullanılmayacak hammaddenin sarfiyatının engellenmesini sağlanması 	<p><u>İşlemsel Veriler:</u> ekipmanın uygun performans ve doğruluğunun sağlanması için düzenli bakım gerekmektedir. Özellikle dozaj sistemlerinin ve flotte alımı ölçümlerinin doğruluk derecelerinin düzenli aralıklarla kontrol edilmeleri gerekmektedir. Alınan flotte miktarının hesaplanmasında, kumaşın özgül ağırlığının ön terbiye öncesi ham kumaşa</p>

maddeler uygulamadır.	karıştırılmalıdır.) ●Boyarmadde çözeltisinin partinin boyanmasına başlanmadan önce tek bir adımda hazırlanması yerine , çözelti, hammadde tarafından alınan flotte miktarının online ölçümüne dayanarak birkaç adımda tam zamanında hazırlanması	●Boyarmadde çözeltisi parti boyamaya başlanmadan önce tek adımda hazırlanmakta ve parti boyama bittiği anda boya tanklarına geri boşaltılmaktadır.		●Kumaşın alacağı flotte miktarının online ölçümle belirlenmesi ile boya flottesı artığı 150L' den 10-15L'ye düşürülebilmektedir. ●U-şekilli tekne maliyeti 85000 €(1800mm en), günde 15 parti boyama için 1 yılda tasarruf edilebilir. (50L tasarruf/parti, 0.5 €/L boya flottesı) O.Anadolu'da' günde 15-18 parti boyama yapılmaktadır.	değil , boyama öncesi kumaşta belirlenmesi gerekmektedir. <u>Uygulanabilirlik:</u> Mevcut makinelerin bazı bölümlerini modernize etmek yerine beklemek ve bütün tavsiyelerin göz önünde bulundurulduğu tamamen yeni makineleri kurmak daha uygun olmaktadır. Merdaneler arasına flotte koyarak boyama hafif (220g/m'nin altı) veya iyi ıslanma özelliğine sahip kumaşlar için uygun değildir. <u>Yan Etkileşimler:</u> -
-----------------------	---	--	--	---	---

ORTA ANADOLU A.Ş.'YE SUNULAN İLK "MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER" ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ BOYAMA (9)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER, UYGULANABİLİR LİK ve YAN
---	--------------------	---	--------------------------	--	---

					ETKİLEŞİMLER
<p>Selülozik Liflerin reaktifliği yüksek polifonksiyonel reaktif boyarmaddeler ile çektirme yöntemine göre boyamaları (4.6.10)</p> <p>Uygulanamama sebebi: Reaktif Boyama altı aydır yapılmamakta ve proje dahilinde yapılması öngörülmemektedir.</p>	<p>Polifonksiyonel reaktif boyarmaddeler çektirme yöntemine göre boyamalarda fiksaj derecesinin yüksek olmasına olanak tanımaktadırlar. Yapılarındaki iki reaktif grup nedeniyle boyama esnasında reaktif gruplardan biri hidrolize uğrarsa, diğerinin hala selülozun hidroksil gruplarıyla reaksiyona girme olasılığı bulunmaktadır.</p>	<p>Orta Anadolu’ da kullanılan reaktif boyarmaddelerin MGBF’ları, reçeteleri ve fiksasyon derecelerine ait bilgimiz bulunmamaktadır.</p>	<p>Monofonksiyonel boyaların fiksasyon için harcadığı tuz miktarı, sonrasında haslık derecesine ulaşmak için ard yıkamada kullanılan su miktarı fazladır ve monofonksiyonel boyaların fiksasyon dereceleri düşük olduğu için atıksuda kullanılan boyanın %40’ına varan bir oranla gözlenir.</p>	<p>Fiksaj oranı %60larda olan monofonksiyonel boyalar yerine %80 fiksaj oranlı reaktif boyarmaddelerinin kullanılması sayesinde atıksudaki boya oranının %20’lere düşmesi (renkte değişiklik sağlanmamaktadır)</p> <p>Makul tuz miktarlarıyla fikse olabilmeleri sayesinde kimyasal kullanımında azalma</p> <p>Ard yıkama işlemlerinde daha az enerji ve su kullanımı</p>	<p><u>İşlemsel Veriler:</u> Flotte oranı, boyama sıcaklığı ve tuz oranı boyanın sağlandığı firma tarafında optimize edilmektedir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> düşük flotte oranlı boyama makinelerinde dahi kullanılabilirlik.</p> <p><u>Yan Etkileşimler:</u> -</p>

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ BOYAMA	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK	İŞLEMSEL VERİLER,
---------------------------------	--------------------	------------------------------	--------------------------	---------------------------------	------------------------------

(10)		MEVCUT DURUM		FAYDALAR	UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>Düşük tuz tüketimi gerektiren reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyama (4.6.11)</p> <p>Uygulanamama sebebi: Reaktif boyama altı aydır yapılmamakta ve proje dahilinde yapılması öngörülmemektedir.</p>	<p>Mevcut tuz ihtiyacının 2/3 oranında tuza ihtiyaç duyan reaktif boyarmaddeler kullanmak</p>	<p>Orta Anadolu' da kullanılan reaktif boyarmaddelerin MGBF'leri, reçeteleri ve tuz ihtiyacı oranlarına ait bilgimiz bulunmamaktadır.</p>	<p>Boyarmadde alımının artırılması için 50-60 g/L, koyu tonlar için 100g/L tuz ihtiyacı.</p>	<p>Tuz ihtiyacının 1/3 oranında azalmasıyla atıksudaki tuz ve arıtım zorlukları giderilmektedir.</p> <p>Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddeler yüksek afiniteye sahip boyarmaddelerdir ve bu nedenle yıkama ile uzaklaştırılmaları daha zor olmaktadır. Daha az su kullanımı söz konusudur.</p>	<p><u>İşlemsel Veriler:</u> boya üreticileri tarafından sağlanmaktadır.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddeler hem mevcut hem de yeni geliştirilen boyama makinalarında uygulanabilmektedir.</p> <p><u>Yan Etkileşimler:</u> -</p>

ORTA ANADOLU A.Ş.'YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ BOYAMA (11)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER, UYGULANABİLİ RLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>Selulozik kumasların reaktif boyarmaddelerle kesintisiz (ve yarı kesintili) boyanmasında alternatif bir yöntem (Econtrol adı altında tanıtılan bir yöntemdir) (4.6.13)</p> <p>Uygulanamama sebebi: Reaktif Boyama altı aydır yapılmamakta ve proje dahilinde yapılması</p>	<p>Boyanın kumaşa penetrasyonunu sağlayan kimyasallar yerine, fiksasyonun kurutucu (120°C ve %25 buhar oranı) ile sağlanması.</p> <p>Klasik emdirme/kesintisiz boyama sistemlerinden farklı olarak bu yöntem, tuz, sodyum silikat, üre gibi ilave maddelere ve boyarmaddenin fikse olması için uzun bekleme sürelerine ihtiyaç duymamaktadır.</p> <p>Reçete; boya, ıslatıcı ve alkali içermektedir.</p>	<p>Kükürt boyamada fiksasyon bu şekilde sağlanmaktadır.</p> <p>Reaktif boyamada ise penetrasyon olabilmesi için tuz kullanımı söz konusudur. Reaktif boyamada dikkate alınması gereken bir yöntem olarak düşünülmelidir.</p> <p>Halatın tuz kullanımı sonrası düşük sıcaklıkta zayıf alkali ortama ihtiyaç duyması söz konusudur.</p>	<p>Kimyasal kullanımı azalmaktadır.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Kimyasal madde tüketiminde önemli ölçüde düşüş sağlanmaktadır. ● Yıkama sonrası oluşan atık sular, diğer boyama yöntemlerinde oluşanların sadece %4-5 i kadar kimyasal atık içermektedir. ● Üre, tuz veya sodyum silikat tüketilmemekte baziklik genelde daha düşük olmaktadır.(daha az NaOH, seçilmiş boyarmaddelere bağlı olarak bunun 	<p><u>İşlemsel veriler</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Kurutucu bölmelerinin hacimce %25 nemliliğe ayarlanmasını sağlamak amacıyla, makinenin çalışmaya başlaması sırasında bir nemlendirme ünitesi kullanılmaktadır. ● Çok hafif kumaşlardan buharlaşan su miktarının, bölmedeki nem miktarını istenilen değerde tutmak için yeterli olmaması durumunda gerekli olan buharı püskürtmek

<p>öngörülmemektedir.</p>	<p>Klasik yöntemlerde kullanılan kimyasal kontrolü yerine bu yöntemde kurutma sırasında buhar miktarı kontrol edilmektedir.</p> <p>Yüksek reaktiflikteki boyarmaddelerin kullanılması durumunda, fiksaj için düşük kumaş sıcaklığı(68°C), zayıf bir alkali ve kısa bir süre(2 dakika) yeterli olmaktadır</p>			<p>yerine Na₂CO₃ kullanılarak)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●Sürdürülebilir temiz teknoloji ●Pazar payı (uzun bekleme sürelerine ihtiyaç duyulmaması) 	<p>amacıyla buhar enjektörü kullanılmalıdır.</p> <ul style="list-style-type: none"> ●Maksimum performans doğru uygulanmış kumaş ön terbiyesi ve iyi seçilmiş boya formülasyonları ile sağlanabilmektedir. <p><u>Uygulanabilirlik</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ●Hem küçük hem de büyük partiler için uygun olan kolay ve ideal bir yöntemdir. ●Yenileme yatırımı yapan boyahanelerinin ekonomik olarak uygulanabilir bir opsiyondur. <p><u>Yan Etkileşimler</u></p> <p>Yeni teknolojiye geçiş için gerekli başlangıç yatırım miktarı yüksektir</p>
<p>BAT ÖNERİLERİ Yıkama</p>	<p>AÇIKLAMALAR</p>	<p>ORTA ANADOLU'DAKİ</p>	<p>ÇEVRESEL ÖNEM</p>	<p>ÇEVRESEL VE EKONOMİK</p>	<p>İŞLEMSEL VERİLER</p>

(12)		MEVCUT DURUM		FAYDALAR	UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Kontinü (Kesintisiz) yıkama ve durulamalarda su ve enerji tasarrufu (4.9.2)	<p>Su akışının kontrolü Su kullanımını belgelemek ve değerlendirmek için, makinelerin herbirine monte edilebilen su sayaçları bulunmalıdır. Ürün kalitesinin istenen seviyeyi sağlaması için gerekli optimum akışın belirlenmesi amacıyla, sistematik bir prosedür uygulanabilmektedir.</p> <p>Sistemdeki ana tahrik mekanizmasını su akışına bağlayan otomatik durdurma valfleri, bir duruş gerçekleştiği anda su akışını keserek önemli ölçüde su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.</p>	Teknelerdeki su seviyesinin sabit tutulabilmesi için seviye sensörleri mevcuttur, fakat harcanan suyun ölçülmesi için su sayaçları kullanılmamaktadır.		Su ve enerji tüketiminin azaltılması	<p><u>İşlemsel veriler:</u> - <u>Yan etkileşim:</u> Düşük su tüketimine sahip, yoğun ve etkili yıkama yöntemleri, emme gibi yoğun mekaniksel yıkama şartlarını gerektirmektedir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Yüksel verimliliğe sahip yıkama makinelerine özgü performansların sağlanması yeni ekipman yatırımları gerektirmektedir.</p>

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Yıkama (13)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>Kontinü (Kesintisiz) yıkama ve durulamalarda su ve enerji tasarrufu (4.9.2)</p>	<p>A) Yıkama veriminin artırılması: Ters akım prensibi- Son yıkama teknesindeki en az kirli suyun sondan bir önceki teknede tekrar kullanılması ve bu hareketinin boşaltılacağı ilk tekneye kadar devam etmesi.</p> <p>Dahili ters akım(ve geri dönüşüm) imkanlarına sahip bir yıkama makinesi konfigürasyonu, tekrar sirküle edilen suyu kumaşa püskürten ve merdaneler yardımıyla sıkılarak kumaştan bir kartere akan atık suyun filtre edildikten sonra tekrar sirküle edildiği</p>	<p>Ters akım sistemi uygulanmamaktadır, tanklar arasında bir bağlantı ve su akımı yoktur.</p>	<p>Düşük su kullanımı ile verimliliği yüksek bir yıkama sağlar. Daha az miktarda su ısıtılacağından, enerji kullanımı da önemli ölçüde azalır.</p>	<p>Su ve enerji tüketiminin azaltılması</p>	<p><u>İşlemsel veriler:</u> - <u>Yan etkileşim:</u> Düşük su tüketimine sahip, yoğun ve etkili yıkama yöntemleri, emme gibi yoğun mekaniksel yıkama şartlarını gerektirmektedir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Yüksel verimliliğe sahip yıkama makinelerine özgü performansların sağlanması yeni ekipman yatırımları gerektirmektedir.</p>

	ters akımlı dikey yıkama makinesidir.				
	İşlem süresini ve carry-over' ları (kumaştaki kirli su/flotte) azaltmak için, sıkma silindirleri veya vakumlu emme donanımları(daha etkili) kullanılmalıdır.				

ORTA ANADOLU A.Ş.'YE SUNULAN İLK "MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER" ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Yıkama (14)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Kontinü (Kesintisiz) yıkama ve durulamalarda su ve enerji tasarrufu (4.9.2) Orta Anadolu'da uygulanmaktadır.	B)Isı geri kazanım yöntemleri: Kontinü yıkama makinesine, ısı geri kazanım sisteminin kurulması eş zamanlı su giriş ve çıkışları depo ihtiyacını ortadan kaldırır.Bu makinelerden çıkan atık sular lifli materyallerle	Mevcut dört boyama hattından sadece dördüncüsünde ve de terbiye bölümünde ısı eşanjörü vardır, diğer hatların da modifikasyonu üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.		Su ve enerji tüketiminin azaltılması	<u>İşlemsel veriler:</u> - <u>Yan etkileşim:</u> Düşük su tüketimine sahip, yoğun ve etkili yıkama yöntemleri, emme gibi yoğun mekaniksel yıkama şartlarını gerektirmektedir. <u>Uygulanabilirlik:</u> Yüksel verimliliğe sahip yıkama makinelerine özgü performansların sağlanması yeni ekipman

	kirlenebilmektedir, dolayısıyla bu tür yükleri tutabilen(örn. Otomatik temizlenen elemanlar) ısı eşanjörlerinin kurulması önemlidir.				yatırımları gerektirmektedir.
--	--	--	--	--	-------------------------------

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Yıkama (15)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Organik çözenler ile kumaş yıkanmasında(temizlenmesinde) tam kapalı-devre sistemlerin kullanımı. (4.9.3)	Yıkama prosesinde organik çözenlerin kullanılması.	Yıkama işlemi su ile gerçekleştirilmektedir.	PER’ in özgül ısısı suyunkinin 1/5’ i kadardır, dolayısıyla PER’ in buharlaşması için gereken ısı %90 daha düşüktür. Süre ve enerjiden önemli ölçüde tasarruf sağlanır.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Çözenin buharlaşması için gerekli olan ısının düşük olması nedeniyle enerji ve su tüketiminde azalma. ▪ Yardımcı madde kullanımında azalma(örn. Deterjan 	<p><u>İşlemsel veriler:</u> - <u>Yan etkileşim:</u> Halojenlenmiş organik çözenler, biyolojik olarak parçalanmayan ve dayanıklı maddelerdir.Perkloretilen ile işlem gören tekstiller bu maddeyi sonraki ısı işlemlerde yayama potansiyeline sahiptirler.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Çözenlerin asıl</p>

Uygulanamama sebebi: Reaktif Boyama altı aydır yapılmamakta ve proje dahilinde yapılması öngörülmemektedir.				olarak kullanılan yüzey aktif maddeler, emülsifiye edici maddeler). ▪ Atıksu arıtma tesislerine gönderilen sudaki organik yükün azalması.	uygulama alanını, örgü kumaşlar ve özellikle de sentetik liflerden örülmüş kumaşlar oluşturmaktadır.
--	--	--	--	--	--

ORTA ANADOLU A.Ş.'YE SUNULAN İLK "MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER" ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Kurutma (16)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Ramözlerin Enerji Tüketiminin En Aza İndirilmesi (4.8.1)	-Ramözlerden Atılan Havanın Optimizasyonu -Isı Geri Kazanımı -İzolasyon -Ramözleri genel	Bu öneriye dair Orta Anadolu A.Ş.'de herhangi bir işlem yapılmıyor.	Enerji tüketimindeki tasarruflar ve bundan dolayı enerji üretimiyle ilgili emisyonların	Atık ısının en aza indirilmesi ve daha az enerji sarfiyatı sağlanır. Bazı kaynaklara göre bu sistemler	<u>İşlemsel veriler:</u> özellikle ısı geri-kazanım sistemleri mevcutsa, ramözlerdeki enerji tüketimini azaltmak

	Bakımları -Isıtma Sitemleri genel bakımı		azaltılması, temel çevresel avantajlardır.	kurulduğunda ısı geri-kazanımı rantabil olamayabilmektedir.	için iyi bir bakım gerekmektedir. Isı geri-kazanım sistemleri, genellikle bir atık gaz yıkama sistemi veya elektrostatik filtrasyon sistemiyle veya bu tekniklerin kombinasyonlarıyla birlikte kullanılmaktadırlar. Isı geri-kazanım sistemlerinden akan yoğuşmuş maddeler ayrı olarak toplanmalıdır. <u>Yan etkileşimler:</u> Yok Uygulanabilirlik: Yeni tesislere, tanımlanan tüm teknikler uygulanabilmektedir. Mevcut ramözler için uygulanabilirlik ise, bazı durumlarda sınırlıdır. Örneğin; İzolasyon.
--	--	--	--	--	--

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Haşıl (17)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKI MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>Geliştirilmiş Çevre Performansına Sahip Haşıl Maddelerinin Seçimi (4.2.4)</p>	<p>Haşılama için alternatif maddeler modifiye nişastalar, belirli galaktomannanlar, polivinil alkol ve belirli poliakrilatlardır.</p> <p>En yeni jenerasyon poliakrilatlar da yüksek etki, kumaştan tamamen uzaklaştırılabilirlik, biyolojik olarak kolayca parçalanabilirlik(OECD 302 B, 7gün sonunda >%80) özelliklerinin hepsini göstermektedir.</p> <p>Hemen hemen tüm liflere uygulanabilmektedirler</p>	<p>Haşıl maddesi olarak nişasta ve türevleri, sentetik haşıl maddeleri, 80-200 g/kg’dır.(Tablo 8.6).</p>	<p>Haşıl maddesinin cinsine göre de uzaklaştırma metodu değişmektedir. Daha sonra uzaklaştırılan bu haşıl maddeleri; yüksek KOİ ve arıtmadan geçebilecek parçalanması zor maddelerin varlığından sorumludurlar.</p>	<p>-Düşük madde aktarımı ile yüksek etkili</p> <p>-Kumaştan tamamen ve kolayca uzaklaştırılabilir</p> <p>-Biyolojik açıdan kolayca elimine edilebilir</p>	<p><u>Yan Etkileşimler:</u> Biyolojik olarak daha yüksek elimine edilebilir/parçalanabilir haşıl maddesi kullanımı, uzaklaştırılacak çamur miktarının artmasına yol açmaktadır. Bu çamur hacimli, filamentli ve çöktürmesi zor bir çamur olabilmektedir.</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Optimize edilmiş haşılama reçetelerinin uygulanmasının teknik olarak tüm haşılama bölümleri için uygulanabilir.</p> <p>Ekonomiklik: Çoğu</p>

					durumda, biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir haşıl maddeleri kombinasyonları artık yüksek eliminasyon oranı talebini karşılamayan diğer haşıl maddelerinden daha pahalı değildirler.
BAT ÖNERİLERİ Haşıl (18)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Lif Üzerinde Azaltılmış Haşıl Maddesi Yüklerine İzin Veren Yöntemlerin Kullanımı (4.2.6) Uygulanamama sebebi:	<u>Kompakt Eğirme:</u> Normalde ring iplikçiliğinde, çekim sistemi sonrası bir eğirme üçgeni oluşturulmaktadır. Bu üçgenden geçen lifler sağlamlaştırılır ve bu nedenle iplik kopuşları ve iplik tüylülüğü oluşmamaktadır. Kompakt iplikçilikte,	Orta Anadolu'daki iplik bölümünde vater, tarak ve cer mainaları olarak kompakt eğirme yapan makinalar kullanılmaktadır.	Uygulanan haşıl miktarı %50 azaltılabilir.	Bu metot uygulandığında, iplikte iyileşme özelliklerinin yanında, daha az haşıl maddesi kullanımı Dokuma esnasında daha az iplik kopuşu gözlenmektedir.	Bu teknik için; işlemsel veriler hakkında bilgi edilememiş, yan etkileşim oluşması beklenmemekte, uygulanabilirliği saf pamuk iplikleri için kanıtlanmıştır.

Kompakt Eğirme makinesi için ilk yatırım maliyeti araştırılacaktır fakat işletme uygulamayı istememektedir.	lif demetleri çekim sistemi sonrası pnömatik aygıtlar vasıtasıyla (düşük basınç uygulaması) sıkıştırılmaktadırlar. Böylece iplik kalitesi arttırılmaktadır.				
---	---	--	--	--	--

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Haşıl Sökme/Yıkama (19)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Haşıl Maddelerinin Ultrafiltrasyon (UF) ile Geri Kazanımı (4.5.1) Uygulanamama	Ultrafiltrasyon kullanılarak yıkama flottesindeki haşıl maddesi geri kazanılmaktadır. Haşıl maddesinden alınmış süzüntü de yıkama teknesinde tekrar kullanılabilir. kullanılabilmektedir.	Haşıl maddesi geri kazanımı yoktur.	Uzaklaştırılan bu haşıl flottesinin atık suya verilmesi de bu sudaki toplam KOİ yükünün %40-70 artmasına neden olmaktadır.	Haşıl tasarrufu ve Atık sudaki KOİ yükünün azalması gibi çevresel faydalar mevcuttur. Bu yöntem için sentetik haşıl maddesi kullanımı bir gereklilik olduğu için ve	<u>İşlemsel veriler:</u> Kirlenmeyi ve bozuşup kokuşmayı mümkün olduğunca azaltmak için, lifler ultrafiltrasyondan önce uzaklaştırılmalıdır. Bu işlem, hail tozları gibi ince parçacıkların uzaklaştırılması

<p>sebebi: Denim söz konusu olduğu için renk problemi sökülmiş haşılın geri kazanımını engeller ve de Haşıl sökme prosesi az oranda bulunduğu için suda münhal kimyasal söz konusu değildir.</p>				<p>sentetik haşıl maddeleride doğal maddelerden daha pahalı olduğu için bu metot masraflı görülebilir. Ama daha yüksek dokuma verimliliğinden, azalan ön terbiye masraflarından ve atık su arıtılmasından dolayı meydana gelen ilave tasarruflar da söz konusudur.</p>	<p>içinde gerekli olup ön filtrasyona ihtiyaç duymaktadır. <u>Yan etkileşimler:</u> Ultrafiltrasyon sisteminin enerjiye ihtiyacı vardır, fakat tüketilen bu enerji, yeni haşıl maddeleri üretmek ve bunları atıksu arıtma tesislerinde arıtmak için gerekli olan enerjiden çok daha azdır. <u>Uygulanabilirlik:</u> Bu metot sadece suda çözünebilen sentetik haşıl maddeleri içindir. Yeniden kullanım problemleri olabilir. Geri kazanılmış haşılın saklanması ve yeni haşıla karıştırılması esnasında ortam steril olmalıdır.</p>
--	--	--	--	--	--

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Haşıl Sökme (20)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Etkili ve kapsamlı haşıl uzaklaştırılması için oksidatif yöntemin uygulanması (4.5.2)	Enzimatik haşıl sökme nişastayı uzaklaştırmakta, fakat diğer haşıl maddelerinin uzaklaştırılmasında düşük etkiye sahip olmaktadır. Spesifik şartlar altında (pH 13’ün üstünde), H ₂ O ₂ , bütün haşılları etkili ve düzgün bir şekilde parçalayan ve kumaştan uzaklaştıran serbest radikaller üretmektedir.	Orta Anadolu’da terbiye bölümünde kaplama yapılacak kumaşlar için haşıl sökmede enzim kullanılmaktadır. Kasar prosesindeki haşıl sökme işleminde ise herhangi bir kimyasal kullanılmamaktadır.	Önerilen teknik, atık suyun geliştirilmiş arıtılabilirliği ile birlikte, su ve enerji tüketiminde de önemli çevresel yararlar sağlamaktadır.	Adımlar ve flotteler, kaynak tüketimi toplam minimum maliyet için optimize olacak şekilde kombine edilmektedir.	İşlemsel veriler: Eğer oksidatif alkali ortamdaki (hidrojen peroksitli) ağartma esnasında, OH- oluşumu kontrol edilmezse, liflerin zarar görme riski olduğu çok iyi bilinmektedir. BAT dökümanında reçete mevcuttur. Yan etkileşim: Yok Uygulanabilirlik: Bu metot özellikle fason terbiyeciler için uygundur.

ORTA ANADOLU A.Ş.’YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Haşıl Sökme (21)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU’DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİRLİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
<p>Pamuklu kumaşların tek adımlı haşıl sökme ve ağartılması (4.5.3)</p> <p>Uygulanamama sebebi:</p> <p>Ağartma işlemi yalnızca üretimi durdurulan gabardin için uygulanmaktadır.</p>	<p>Haşıl sökme, hidrofilleştirme(alkali parçalama) ve ağartmadan oluşan 3 adımlı bir ön terbiye işlemi yıllardır standard bir prosesti. Yeni yardımcı madde formülasyonları, otomatik dozajlama ve yeni buharlaştırıcılar: haşıl sökme, alkali parçalama (hidrofilleştirme) ve pad steam peroksit ağartması tek adımda yapılmasını sağlayan ve “Şok Buharlama” olarak adlandırılan işleme olanak sağlamaktadır. Ağartma maddesi aplikasyonu, doymuş</p>	<p>Pamuklu kumaşların tek adımda haşıl sökme ve ağartılması işlemi Orta Anadolu’da mevcut bir uygulama değildir. Sebebi ağartmanın denim için uygulanmamasıdır.</p>	<p>Üç işlemin tek adımda kombine edilmesi, su ve enerji tüketiminde önemli düşüslere olanak sağlamaktadır.</p>	<p>Ekonomiklik açısından bilgi elde edilememiştir.</p>	<p><u>İşlemsel veriler:</u> Ham kumaşlar, 2-4 dakika içinde gergin kumaş geçişinde boyama için uygun beyazlığa ulaşmaktadırlar. Bu özellikle kırılmaya karşı hassas kumaşlar işlendiğinde büyük bir avantaj oluşturmaktadır. Kimyası basittir ve tam potansiyelle optimum kullanım için tamamen otomatikleştirilmiştir. BAT dökümanında reçete mevcuttur.</p> <p><u>Yan etkileşim:</u> Yok</p> <p><u>Uygulanabilirlik:</u> Bu tekniği, bu işlem için uygun makine parkına</p>

	buharla buharlama, sıcak yıkama				sahip firmalar uygulayabilmektedirler.
--	------------------------------------	--	--	--	---

ORTA ANADOLU A.Ş.'YE SUNULAN İLK “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” ÖNERİLERİ (Tarih: 24.01.2006)

BAT ÖNERİLERİ Apre (22)	AÇIKLAMALAR	ORTA ANADOLU'DAKİ MEVCUT DURUM	ÇEVRESEL ÖNEM	ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALAR	İŞLEMSEL VERİLER UYGULANABİLİR LİK ve YAN ETKİLEŞİMLER
Formaldehit İçermeyen veya Az Miktarda Formaldehit İçeren Buruşmazlık (Kolay Bakım) İşlemi Maddeleri (4.8.2)	Formaldehit esaslı çapraz-bağ oluşturuıcı maddeler, serbest formaldehit açığa çıkarabilmektedirler. Formaldehitin kanserojen olduğu düşünölmektedir ve çalışma ortamı için de tehlike oluşturmaktadır. İzin verilen miktar azami 30 ppm'dir. Formaldehit içeren buruşmazlık işlemi maddelerinin alternatif olarak az formaldehit içeren (* ¹ formaldehit içeriği %0.1' den	Orta Anadolu ürettiği kumaşta formaldehit içeriği konusunda hassasiyet gösterip, gerekli testleri yaptırmakta ve deriyle doğrudan temas eden ürünler için azami formaldehit konsantrasyonu kriterlerine uymaktadır. Tekstil Sektörü BAT Referans Dökümanı'nda, proses sırasında açığa çıkabilecek serbest formaldehitleri en aza indirmek veya	Formaldehit esaslı çapraz-bağ oluşturuıcı maddeler, serbest formaldehit açığa çıkarabilmektedir. Formaldehitin kanserojen olduğu düşünölmekte ve çalışma ortamı için de tehlike oluşturmaktadır.	Açığa çıkan formaldehitin miktarının düşürölmesi en önemli çevresel faydadır. Formaldehitsiz ürünlerin fiyatları düşük miktarda formaldehit içeren ürünlerden önemli ölçüde daha yüksektir.	<u>İşlemsel veriler:</u> Çapraz-bağ oluşturuıcı bileşikler, genellikle ıslatıcılar, yumuşatıcılar ve yırtılma mukavemeti, vs. özellikleri artıran ürünler ile birlikte uygulanmaktadırlar. <u>Yan etkileşimler:</u> konvansiyonel çapraz-bağ oluşturuıcı ürünler gibi, formaldehitsiz alternatif ürünler de biyolojik olarak çok az parçalanabilmektedirler.

	düşük) veya formaldehit içermeyen buruşmazlık işlemi maddeleri önerilmektedir.	tamamen ortadan kaldırmak için en iyi yolun terbiye bölümünde kullanılan kolay bakım işlemi kimyasalının az formaldehit içeren veya formaldehit içermeyen eşlenikleriyle değiştirilmesi önerilmektedir.			Optimize edilmemiş formaldehitsiz ürünler, yoğun kokulu olabilmektedirler. <u>Uygulanabilirlik:</u> Tekstil sektöründe az miktarda formaldehit içeren maddelerin kullanımını kaçınılmaz olabilmektedir. Uygulanması gereken formaldehitsiz ürün miktarları, klasik ürünlerin yaklaşık iki katı kadardır.
* ¹ Ref: http://elca2.bologna.enea.it/cm/navContents?l=EN&navID=textile&subNavID=2&pagID=13					

ORTA ANADOLU A.Ş.'DE UYGULANMASI PLANLANAN “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” (Tarih: 14.02.2006)

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
1	Alternatif Kimyasal Kullanımı	İşletmede alternatifinin kullanılabilceği düşünülen 7 adet kimyasal üzerine gidildi. 1. Önişlem ve İndigo Boyama reçetelerinde iyon tutucu olarak kullanılan <i>kimyasal</i> yerine polikarboksilat,substitüye polikarboksilik asit ve hidrokarboksilikasit kimyasal yapısına sahip bir başka iyon tutucunun kullanılması 2. İndigo boyamada dispergatör olarak kullanılan kimyasalı yerine kullanılabilirliği araştırılan	1. İşletmenin dikkate aldığı bu öneri için işletmenin araştırması takip edilecektir. 2. Bu kimyasalın eşleniği olan

		<p>ıslatıcılar hakkında sağlayıcı yetkilisiyle görüşüldü.</p> <p>3. Kükürt boyamada kullanılan <i>sülfid içeriği yüksek olan boyarmaddelerin</i> sülfid içeriği daha az olan alternatifleri ile değiştirilmeleri.</p> <p>Haşıl kısmında kullanılan kimyasallardan sadece biyolojik olarak parçalanabilirliği çok düşük olan (%10-30) sentetik haşıl maddesinin uygun olmadığına saptanması sonucu üretim kalitesine uygun düşecek alternatif kimyasalın araştırılması</p>	<p>dispergator üzerinde biyolojik olarak parçalanabilirlik testlerinin yürütülmesi sağlanacaktır.</p> <p>3. Bu boyaların alternatiflerinin araştırılması iletişim ve uygulanabilirlik bilgisi konuları göz önünde bulundurularak işletmeye bırakılmıştır. Karşılıklı iletişimlerle takibi sağlanacaktır.</p> <p>4. Ekibimiz tarafından, proses müdürünün araştırması, uygulanması ve sonuçlarının takibi sağlanacaktır.</p>
	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
1	Alternatif Kimyasal Kullanımı (devam)	<p>5. Terbiye bölümünde kolay bakım işlemleri prosesinde kullanılan, %0.1-1 oranında formaldehit içeren buruşmazlık kimyasalı yerine, formaldehit içermeyen bir kimyasalın veya sağlayıcı firmadan kullanılan ürünün yerini tutabilecek formaldehit içermeyen başka bir kimyasalın önerilmesi.</p> <p>6. Terbiye bölümünde stabilizatör olarak kullanılan kimyasalın biyolojik olarak parçalanabilirliği az olduğundan (%20-70), bu kimyasalın yerine sağlayıcı firmadan bu kimyasalın yerini tutabilecek daha fazla oranda biyolojik olarak parçalanabilirliği olan başka bir kimyasal alınması ve denenmesi.</p>	<p>5. Proses müdürünün bu alternatif kimyasalı uygulaması ve üretim kalitesi yakalanırsa kullanımının gerçekleşmesi takip edilecektir.</p> <p>6. Proses müdürünün bu alternatif kimyasalı uygulaması ve üretim kalitesi yakalanırsa kullanımının gerçekleşmesi takip edilecektir.</p>

		7. Terbiye bölümünde iyon tutucu olarak kullanılan kimyasalın biyolojik olarak parçalanabilirliği az olduğundan bu kimyasalın yerine sağlayıcı firmadan bu kimyasalın yerini tutabilecek daha yüksek biyolojik olarak parçalanabilirlik değerine sahip başka bir kimyasal alımı ve denemesi gerçekleştirilecektir.	7. Proses müdürünün bu alternatif kimyasalı uygulaması ve istenen üretim kalitesi yakalanırsa kullanımının gerçekleşmesi takip edilecektir.
--	--	--	---

ORTA ANADOLU A.Ş.’DE UYGULANMASI PLANLANAN “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” (Tarih: 14.02.2006)

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
2	Merserizasyon durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması ve tekrar kullanılması	İşletmede terbiye bölümünde gabardin hattı için alınmış kostik geri kazanımı makinası mevcuttur (KASAG). Fakat terbiyede merserizasyon durulama suyunda renk problemi olması sebebiyle kullanılamamaktadır. İndigodaki merserizasyonlu önişlem sonrası yıkama suyundaki kostik ve ıslatıcı içeren su geri kazanımının sağlanması üzerinde çalışılacaktır. Membran ile geri kazanım üzerine çalışılacaktır.	<p>Ön işlem sonrası sudaki elyaf kirliliğinin temizlenmesi amaçlı filtrasyon denemeleri yapılacaktır.</p> <p>Kasag makinasının bu işlem için (ıslatıcı+kostik) uygunluğu denenecek ve merserizasyonlu ön işlem sonrası son yıkama teknesinden numune alınıp kostik konsantrasyonu ölçülecektir.</p> <p>Alkaliden ayrılmış yardımcı kimyasallar içeren suyun analizi yapılacak ve indigo boyamada kirlilik seviyesi yüksek bir boyama hattının yıkama suyu olarak kullanılabilirliği test edilecektir.(deneyler öneri 4 ile paralellik gösterecektir.)</p>

ORTA ANADOLU A.Ş.’DE UYGULANMASI PLANLANAN “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” (Tarih: 14.02.2006)

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
3	İndigo Hattı yıkama suyunun yeniden kullanımı ve tasarrufu	<p>1. İndigo boyama hattında bilindiği üzere çeşitli boyamalar yapılmaktadır. Bunlardan en sık kullanılan boyama çeşitleri ise <i>sıvı indigo, saf kükürt, kükürt+indigo, indigo+kükürt</i>, boyamalardır. Bu çeşitlerden renkçe en koyu olanı indigo+kükürt boyamasıdır. Bu boyama sonrası yıkama teknelerinin uygun olanlarında, daha açık herhangi bir boyama sonrası yıkama suyunun ya da ön işlem sonrası yıkama suyunun yeniden kullanılabilirliği üzerinde çalışılacaktır.</p> <p>2. İndigo boya hattı üzerindeki boyama sonrası son yıkama teknelerinde halat üzerindeki yıkama işlevinin geçerliliğinin sorgulanması üzerine boyama sonrası yıkama tekne sayısının optimizasyonu sağlanacaktır. İlk maddede adı geçen boyamalarda yıkama teknelerinin gereksiz sayıda kullanımından kaynaklanabilecek olan suyun tasarrufunun sağlanması üzerinde çalışılacaktır.</p>	<p>1. İki hat boyunca uygulanan iki adet belirli boyama çeşidi (indigo+kükürt/aynı zamandaki açık boyama) için o boyamada kullanılan tekne sayısı, hacmi, kimyasal reçeteleri ve beslenen su miktarları işletme tarafından netleştirilmiş boyamalar için yıkama suyunda kirlilik oluşturabilecek parametreler, numune noktaları ve aynı tip boyama için kısa zamanlı periyotlar belirlenip yapılan <i>zamana karşı renk giderimi</i> deneyleri sonrası yıkama suyunun kullanılabilirliğinin tespiti gerçekleştirilecektir. Olumlu sonuç alındığı koşulda sağlanan su tasarrufu hesabı yapılacaktır.</p> <p>2. İlk maddede belirtilen boyamalar için boyama sonrası yıkama teknelerinden her birinden alınmış numunelerin kirlilik değerlerinin analizi yapıp boyama çeşidi özelinde kullanılacak optimum tekne sayısı belirlenecektir. Su kullanımı tasarruf miktarı hesabı</p>

yapılacaktır.

ORTA ANADOLU A.Ş.’DE UYGULANMASI PLANLANAN “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” (Tarih: 14.02.2006)

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
4	Terbiye bölümünde otomatik durdurma valflerinin kullanılması.	Sistemde bir duruş gerçekleştiği anda suyun akışının kesilerek su ve enerji tasarrufu sağlanması amacıyla otomatik durdurma valflerinin kullanılmasıdır.	Sistemde ne gibi sebepler ile ve ne sıklıkta duruş yaptığı ile ilgili bilgiler kullanılarak ekonomik analizler yapılacaktır. Yapılan analizler sonucunda, önerinin uygulanabilir olduğuna karar verildiği takdirde uygulamaya geçilecektir.
5	Halat boyamada ters akım prensibi ile yıkama	Ters akım prensibi son yıkama teknesindeki en az kirlenmiş suyun sondan bir önceki teknede tekrar kullanılması ve bu hareketin boşaltılacağı son tekneye kadar devam etmesidir. Bu sistem ile halat boyama bölümünde kullanılan yıkama suyunda büyük oranda tasarruf sağlanacaktır.	Ters akım sisteminin detaylı dizaynı ile ilgili literatür araştırması yapılacak. Ekipman araştırılıp maliyet analizi yapılacak. Geleneksel yıkama ile karşılaştırılabilmesi amacıyla yıkama suyu kullanımı ve verimi hesaplamaları yapılacak. İlk yatırım maliyeti ile su kullanımından kaynaklanan harcama karşılaştırılarak uygulanabilirliği belirlenecek.
6	Ramözlerin Optimizasyonu	Kurutma sonrası açığa çıkan nem miktarları, kurutma verimliliğini gösteren en önemli indikatördür. Optimum performans için, havadaki nemin 0,1 – 0,15kg su/kg kuru hava olmalıdır. Nem miktarı bu değerlerin altındaysa gerekenden çok ısıyla kurutma işlemi gerçekleştirilmiş olup, bu da daha fazla enerji sarfiyatı demektir.	Kurutma işleminde açığa çıkan nem miktarları ölçülüp, kurutma işleminin optimizasyonu sağlanacaktır. Sorumlu kişiden nem miktarlarını gösteren tablo ve belgeler alınacak. Nem miktarına göre kurutma işleminin optimizasyonunun uygulanabilirliği belirlenecektir.

ORTA ANADOLU A.Ş.’DE UYGULANMASI PLANLANAN “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” (Tarih: 14.02.2006)

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
7	Suyun CO ₂ ile nötrleştirilmesi	<p>Terbiye bölümünde yıkama sularını kanala (arıtma tesisine gitmeden hemen önce) vermeden önce asitle nötrleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir.</p> <p>Asit yerine sıvı CO₂ kullanımı alkali suyu nötrleştirmek için en iyi yollardan biridir. Orta Anadolu bu alternatifi düşünmüş ve faaliyete geçirmiştir. Maalesef sıvı CO₂'in maliyetinin asit uygulama maliyetinden çok daha fazla olması nedeniyle bu alternatiften vazgeçilmiştir.</p> <p>Böyle yüksek pH'lı sularda boyama ve terbiye işlemleri sonrasında yapılan yıkamalardan kaynaklı yine yüksek pH'lı suları arıtma öncesi nötrleştirmek için kojenerasyon ünitesinden çıkan atık CO₂ ile yapılan asidifikasyon işlemi, bazı tesislerde başarıyla uygulanmaktadır.</p> <p>Kojenerasyondan çıkan atık CO₂ gazının alkali suların nötrleştirmesinde kullanılması işlemidir.</p>	Suyun CO ₂ ile nötrleştirilmesi ile ilgili literatür araştırması yapılacak. Ekipman araştırılıp maliyet analizi yapılacak. İlk yatırım maliyeti ile asit kullanımından kaynaklanan harcama karşılaştırılarak uygulanabilirliği belirlenecek.

ORTA ANADOLU A.Ş.’DE UYGULANMASI PLANLANAN “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” (Tarih: 14.02.2006)

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
8	Uygulanan boyama banyosunun yeniden kullanımı	İşletmede indigo boya dışındaki boyalar kullanım sonrası atıksu hattına dökülmektedir. Bunun sebebi her boyanın indigo kadar çok miktarda kullanılmamasıdır. Fakat paylaşılan işletme dökümleri dahilinde, boyama flottesini içeriği olarak aylık 42,400 L su ile birlikte toplam 1177 kg boyanın da atıksu kanalına boşaltıldığı öğrenilmiştir. Bu bilgi dahilinde hem kimyasal, boya ve su kullanımından tasarruf,	Boya flottesinin iyileştirilmesine yönelik literatür araştırması yapılacaktır. Boyama flottesinin olası yeniden kullanımını sonucu elde edilen kazanımların maliyet analizi yapıp, uygulama için gerekli olan ekipman (tank) için yapılan fiyat analizi ile

		hem de atıksudaki rengin minimize edilmesi prensibiyle boyama flottelinin yeniden kullanımı üzerinde çalışılması amaçlanmıştır.	karşılaştırılacak. Bunun yanında arıtımda rengin sebep olduğu interferansların mali dökümü yapılarak kazanımın rakamsal değerlerle ortaya çıkması sağlanacaktır.
9	Kullanılmayan teknelerin bulunduğu boyamalarda kılavuz rotasının değiştirilmesi	<p>Halat boyama hatlarında, boyama çeşidine göre kullanılan boyama ve yıkama teknelerinin sayıları çeşitlilik göstermektedir.</p> <p>Bazı boyamalarda talebe veya boyama çeşidine göre yıkama teknesi sayısı azalmaktadır, fakat kılavuz rotası değiştirilmeden boyamaya devam edildiği için gerekli olmadığı halde yıkama suyu verilen tekneler sebebiyle büyük oranda su tüketimi ve enerji kaybı gerçekleşmektedir.</p> <p>Su kullanımını ve enerji tüketimini azaltmak amacıyla kılavuz yolu değiştirilerek yıkamada gerekli olmayan teknelerin iptal edilmesi sağlanacaktır.</p>	Kılavuz rotasının değiştirilmesi için gereken iş gücü ve üretim kaybı gibi parametreler ile enerji ve su tasarrufu karşılaştırması amacıyla ekonomik analizler yapılacaktır. Yapılan analizler sonucunda, önerinin uygulanabilir olduğuna karar verildiği takdirde uygulamaya geçilecektir.

ORTA ANADOLU A.Ş.’DE UYGULANMASI PLANLANAN “MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER” (Tarih: 14.02.2006)

	Uygulanacak Temiz Üretim Önerileri	Açıklamalar	Temiz Üretim Önerisi Planı
10	Terbiye yıkama suyunun kalitesinin arıtma teknolojileri uygulanarak artırılarak yeniden kullanımı	Terbiye yıkamasında büyük oranda yıkama suyu kullanılmaktadır. Yıkamadan çıkan su filtreden geçirildikten sonra eşanjöre girer, daha sonra da suyun kalitesinin düşük olması nedeniyle atık su olarak deşarj edilir. Yeterli arıtım uygulanarak suyun kalitesi artırılıp pH 1 düşürüldükten sonra yıkama sistemine geri döndürülerek su kullanımı azaltılacaktır.	Yıkamadan çıkan atıksuyun kalitesini ölçmek için gerekli parametreler belirlenecek. Farklı boyamalar için numuneler alınacak bu parametreler ölçülerek kaliteleri belirlenecek. Suyun yeniden kullanımı için gerekli olan minimum kalite belirlendikten sonra bunun sağlayabilecek basit arıtma teknolojileri araştırılacaktır.

EK 4

SU ARITMA TESİSİ'NDE OLUŞAN ATIKSULARIN YÖNETİMİ

ÖNERİLER

Ters Ozmoz Atıksuyu

Orta Anadolu tarafından sağlanan bilgilere göre, ters ozmoz ünitesinden çıkan yaklaşık 200 ton/gün konsantre (atıksu), mevcut analiz sonuçlarına göre, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde verilen “Su Yumuşatma, Demineralizasyon ve Rejenerasyon, Aktif Karbon Yıkama ve Rejenerasyon Tesisleri” için tanımlanmış, alıcı ortama deşarj kriterlerini (Tablo 1) sağlamaktadır. Dolayısıyla, bu atıksuların arıtma tesisine gönderilmesi yerine, alıcı ortama deşarjı mümkün görünmektedir. Terz ozmoz tesisinden çıkan bu atıksularda, analiz edilmemiş olan sülfat ve balık biyodeneği parametrelerinin de sınır değerleri aşmayacağı tahmin edilmektedir (Bu analizlerin yapılması mümkündür).

Tablo 1⁵ . Su Yumuşatma, Demineralizasyon ve Rejenerasyon, Aktif Karbon Yıkama ve Rejenerasyon Tesisleri için Deşarj Kriteri

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
KLORÜR (Cl ⁻)	(mg/L)	2000	1500
SÜLFAT (SO ₄ ²⁻)	(mg/L)	3000	2500
DEMİR (Fe)	(mg/L)	10	-
BALIK BİYODENEĞİ (ZSF)	-	10	-
pH	-	6-9	6-9

Bu atıksular için bir diğer olası uygulama da kanalizasyona deşarjdır. Bu durumda, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 25’de verilen (Tablo 2’de sunulmaktadır) sınır değerlerin karşılanması gereklidir. Bu atıksulardaki söz konusu parametre değerlerinin, limitleri karşılayabileceği tahmin edilmektedir. Önerimiz, bu atıksuların deşarj edilmesinin düşünüldüğü alıcı ortama göre, yönetmelik hükümlerinin gerektirdiği analizlerin tamamlanmasıdır. (KASKİ’nin Kayseri kanalizasyon sistemi için kanala deşarj sınırlamaları varsa, Tablo 2 yerine o değerler referans alınmalıdır).

Bu arada; ters ozmoz atıksularının, iyon deşiricisine geri döndürülerek yeniden kullanımı da bir diğer olasılık gibi görünmektedir. Ancak, bu olasılığın değerlendirilmesi için, kullanılan

⁵ Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tablo 20.7.

reçine ile deneme yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, bu aşamada, bu alternatif önerilmemektedir.

Tablo 2⁶: Atıksuların Atıksu Altyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları

Parametre	Kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerinde	Kanalizasyon sistemleri derin deniz deşarjı ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerinde
Sıcaklık (°C)	40	40
pH	6.5-10.0	6.0-10.0
Askıda katı madde (mg/L)	500	350
Yağ ve gres (mg/L)	250	50
Katran ve petrol kökenli yağlar (mg/L)	50	10
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	4000	600
Sülfat (SO ₄ ⁻) (mg/L)	1700	1700
Toplam sülfür (S) (mg/L)	2	2
Fenol (mg/L)	20	10
Serbest klor (mg/L)	5	5
Toplam azot (N) (mg/L)	- ^(a)	40
Toplam fosfor (P) (mg/L)	- ^(a)	10
Arsenik (As) (mg/L)	3	10
Toplam siyanür (Toplam CN ⁻) (mg/L)	10	10
Toplam kurşun (Pb) (mg/L)	3	3
Toplam kadmiyum (Cd) (mg/L)	2	2
Toplam krom (Cr) (mg/L)	5	5
Toplam civa (Hg) (mg/L)	0.2	0.2
Toplam bakır (Cu) (mg/L)	2	2
Toplam nikel (Ni) (mg/L)	5	5
Toplam çinko (Zn) (mg/L)	10	10
Toplam kalay (Sn) (mg/L)	5	5
Toplam gümüş (Ag) (mg/L)	5	5
Cl ⁻ (Klorür) (mg/L)	10000	-
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri(MBAS) (mg/L)	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.	

⁶ Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tablo 25.

Şekil 1. Su arıtma süreci ve üretilen atıksular

**YERALTI
SUYU
1920 TON/GÜN**

**1200
(TON/GÜN)**

**pH: 7.5
İletkenlik: 570
Sertlik: 25 Fr**

REÇİNE

REÇİNE

660 TON/GÜN

R/O

KAZANLAR (460TON/GÜN)

1920 TON/GÜN

0.6-0.8 Fr Sertliği

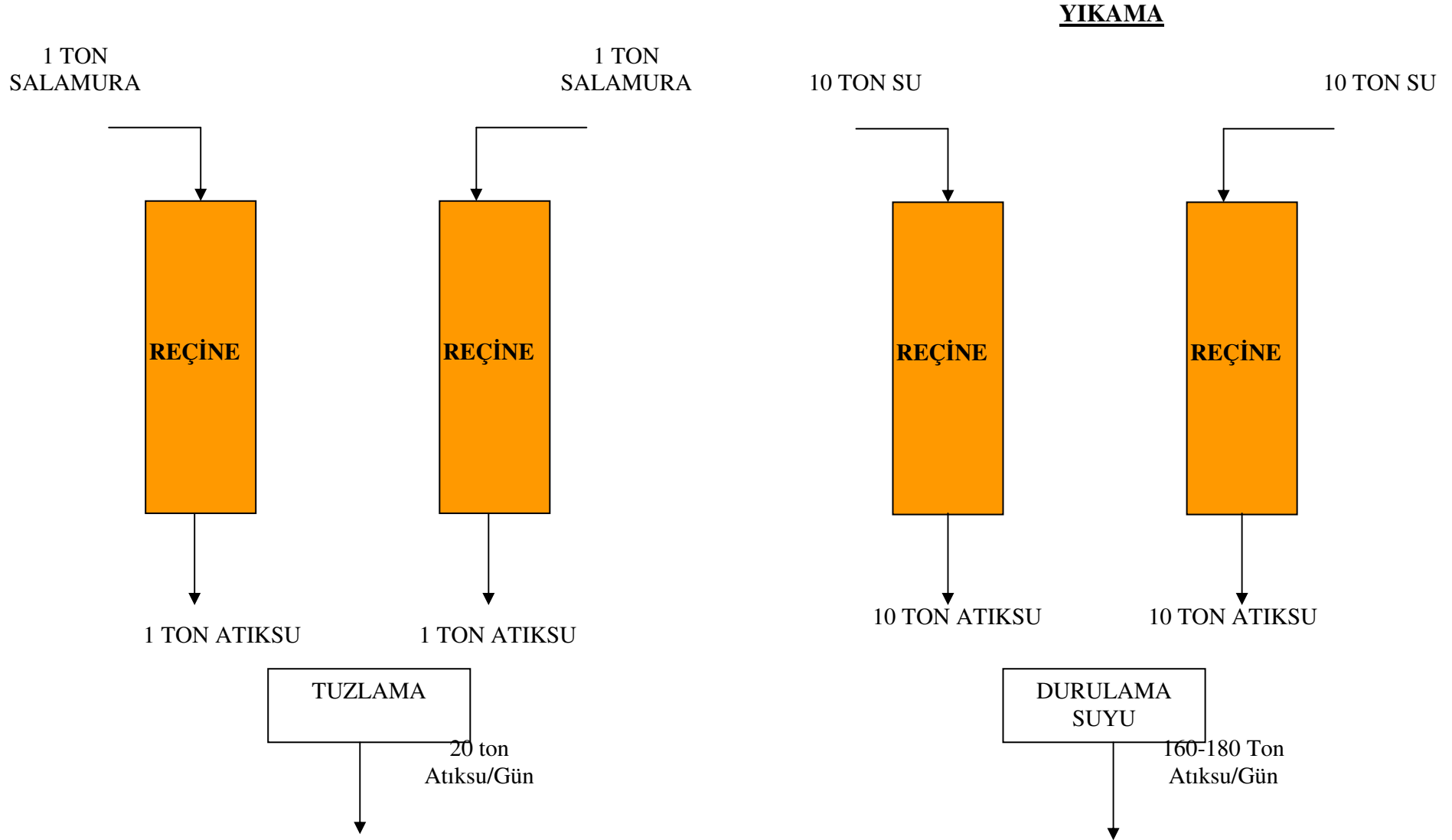
1260 TON/GÜN

İŞLETMEYE

ATIKSU (200 TON/GÜN)

**pH: 6.8
İletkenlik: 1480
Sertlik: 4.5 Fr
Klorür: 266
Silis:103**

Şekil 2. Reçine kolonlarının rejenerasyonu ve durulanması



İyon Değiştirici Yıkama Suları

Tablo 3’de sunulan değerler ile tesiste kullanılan yeraltı suyunun özellikleri arasında yapılan bir karşılaştırma, 160-180 ton/gün olan durulama sularının en az 1/3’ünün yumuşatma (reçine) kolonları girişine döndürülebileceğini göstermektedir. Durulama işlemi başladıktan sonraki ilk 20 dakika suları için doğru olmayacak bu uygulamanın, son 40 dakika için uygulanabileceği düşünülmektedir. Böylelikle arıtma tesisine bu kaynaktan giden atıksu 100-120 ton/gün kadar azalmış olacak, öte yandan, yeraltından bu kadar az su çekilecektir.

Böyle bir pratiğin uygulanabilirliğinin test edilmesi halinde, iyon değiştirici yumuşatma yaparken, zamana karşı olarak iletkenlik ve sertlik verilerinin toplanması ve kolondaki kırılmanın izlenmesi gerekmektedir. Kesin karar, bu denemeye göre verilmelidir.

Tablo 3. Durulama başlangıcından itibaren durulama suyunda kalite değişimi

Durulama Başlangıcından itibaren zaman, dak	İletkenlik, mhos/cm	Fr Sertliği	pH
10	ölçülmedi	ölçülmedi	8.5
15	5080	ölçülmedi	8.5
20	1360	6	8.5
25	860	5	8.5
30	710	4.5	8.5
35	640	4.1	8.5
40	620	3	8.4
45	610	2.5	8.3
55	610	0.8	7.8

Öte yandan, Tablo 3’de sunulan veriler ile Tablo 1 arasında yapılan bir karşılaştırma da, durulama sularının alıcı ortama deşarj edilebilir nitelikte olabileceğini işaret etmektedir. Kesin değerlendirme, bu sularda, Tablo 1’de sıralanan tüm parametrelerin analizi ile mümkün olabilecektir. Beklentimiz, Tablo 1 ‘de verilen sınır değerlerin karşılanmasında bir sıkıntı olmayacağı şeklindedir.

Salamura atıksuları

Bu atıksuların kanala deşarjı ya da alıcı ortama deşarjı mümkün görünmemektedir.

EK 5

RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

Faaliyet bölümü: Ana Ambar

Sıra no	Faaliyet bölgesi	Faaliyet tanımı	Risk tanımı	Mevcut önlem	A Olasılık 1-5	B Şiddet 1-5	Risk seviyesi A*B	Alınacak ilave önlemler
01	Ana ambar	Havalandırma olmaması	Bölgede yanıcı gaz birikmesinden dolayı patlama, yangın	Yok	3	5	15	Bu bölüme etkin bir havalandırma sisteminin yapılması
02	Ana ambar	İçerde forklift ya da elektrik ile çalışan aletlerin bulundurulması, bu aletlerin izole edilmemesi	Patlama, yangın	Yok	3	5	15	Havalandırmanın etkin biçimde çalışması, elektrikli aletlerin ambara sokulmaması
03	Ana ambar	Numune alımı esnasında ambalajların açık durumda bulunmaması	Yanıcı gazın ambarda birikmesi ve kıvılcım oluşması durumunda yangın, patlama oluşması	Yeterli değil	2	5	10	Havalandırmanın etkin biçimde çalışması, görevlilere numune alımı sırasında kapakların açık bırakılmasının oluşturabileceği riskler anlatılması ve numune alımının katı koşullara bağlanması
04	Ana Ambar	Tozların yüzeylerde birikmesi	Toz patlaması	Yeterli değil	1	5	5	Havalandırmanın etkin biçimde çalışması, daha sık temizlik yapılması
05	Ana Ambar	Çok yanıcı ve yakıcı kimyasalların durduğu bölümün yeterince izole	Yangın, patlama boyutunun büyümesi	Yeterli değil	3	5	15	İzole edilmiş bölümün dayanıklı malzeme ile güçlendirilmesi

		edilmemesi ve dayanıklı malzeme ile inşaa edilmemesi						
06	Ana Ambar	RH, Sıcaklık ve ambar durumu düzenli kontrol edilmiyor	Patlama, yangın	Yeterli değil	2	5	10	Kontrolün her gün yapılması ve raporlanması
07	Ana ambar	Depolamanın MSDS'ler dikkate alınarak yapılmaması	Ambalajların aşınması halinde patlama, yangın	Yok	1	5	5	MSDS'lere göre depolama yapılmalı
08	Ana ambar	Ambalajı aşınmış kimyasalların ana ambarda bulunması	Ambalajı aşınmış kimyasalların sızması, yangın, patlama	Yok	2	5	10	Bu kimyasallar ana ambardan çıkarılmalı
09	Ana ambar	Kimyasalların bilgi formu bulunmuyor raflarda	Yanlış kullanım ve depolama sonucu patlama, yangın	Yok	1	5	5	Raflarda mutlaka bilgi formu olması
10	Ana ambar	Olası acil durumlarda doğru müdahale edilemeyebilir	Kaza boyutunun kısa zamanda büyümesi	Yeterli değil	3	5	15	Ambar sorumlusuna daha kapsamlı eğitim verilmeli, ambardaki rafların altına kimyasallarla ilgili bilgi yerleştirilmeli ve acil durum planı revize edilmeli
11	Ana ambar	Rafların altında yeterli sayıda tava yok	Kimyasalın ambalajdan sızması sonucu yangın, patlama	Yeterli değil	1	5	5	Ambarda bulunan her raf altına tava yerleştirilmeli
12	Ana ambar	Ana ambarın pamuk ambarına ve diğer endüstrilere 20 metre uzakta bulunması	Olası yangın ve patlamanın sıçraması ve kaza boyutunun kısa sürede büyümesi	Yok	4	5	20	Ana ambarın duvarlarının dayanıklılığı test edilmeli ve gerekirse arttırılmalı

RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

Faaliyet bölümü: Dokuma

Sıra no	Faaliyet bölgesi	Faaliyet tanımı	Tehlike tanımı	Mevcut önlem	A Olasılık 1-5	B Şiddet 1-5	Risk seviyesi A*B	Alınacak ilave önlemler
01	Dokuma	Dokumada çalışma koşullarına uygun levhaların etkin kullanılmaması	Bilgi eksikliği nedeniyle meydana gelebilecek kazaların boyutunun büyümesi	Uyarı levhaları var	1	3	3	Dokuma kapı girişlerine dikkat çekici tanımlamalı levhalar yapılması
02	Dokuma	Elektrik panoları	Elektrik panolarından oluşabilecek arklar sonucu yangın çıkması	Yok	4	3	12	Elektrik panolarının yalıtımlarının gözden geçirilmesi
03	Dokuma	Elektrik panolarının önlerinin dolu olması nedeniyle bu bölgeye müdahalenin zor olması	Olası bir yangının boyutunun büyümesi	Yok	4	3	12	Pano önlerine depolama yapılmaması, kapakların yapılması ve gerekli levhaların mevcut olması

04	Dokuma	Salonlarda bulunan elektrikli aksamaların (elektrik tavaları, aydınlatma, makinaların kabloları) yalıtımlarının etkin olmaması	Oluşabilecek arklar sonucu yangın çıkması	Yeterli değil	4	3	12	Dokuma salonlarında bulunan elektrik aksamalarının yalıtımlarının etkin bir biçimde yapılması
05	Dokuma	Elyaf emiş kanallarında yangın çıkması	Yangının kısa sürede yayılması riski	Yeterli değil	5	4	20	Emiş kanallarında çıkan yangınları önlemek üzere çalışma yapılması
06	Dokuma	Taharda akü şarj alanının açıkta olması ve bu bölgede elyaf bulunması	Elektriksel ark sonucu yangın çıkması	Yok	1	3	3	Akü şarjının yapıldığı bölgenin elyaf kaynaklarından izole edilmesi

RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

Faaliyet bölümü: İplikhane

Sıra no	Faaliyet bölgesi	Faaliyet tanımı	Tehlike tanımı	Mevcut önlem	A Olasılık 1-5	B Şiddet 1-5	Risk seviyesi A*B	Alınacak ilave önlemler
01	İplikhane	İplikhane içinde bazı yerlerde bulunan elektrik ve anten kabloları	Elektrik ve anten kablolarının yalıtımlarının etkin olmaması sonucu oluşabilecek ark sonucu yangın	Yeterli değil	2	3	6	Kabloların düzenlenmesi, izolasyonlarının düzenli aralıklarla kontrol edilmesi veya bu kabloların kaldırılması
02	Pamuk ambarı	Pamuk ambarının kimyasal deposuna çok yakın olması	Ambarda çıkabilecek yangının kısa sürede pamuk ambarına sıçraması riski	Yeterli değil	4	5	25	Pamuk ambarının daha güvenli bir yere taşınması ya da pamuk ambarının tamamen kapalı tutulması ve duvarlarının basınca dayanıklı olması
03	Pamuk ambarı	Makina motor havalandırmasının aralıklarla yapılmaması	Motorun ısınması sonucu motor içine giren elyafların tutuşması	Yeterli değil	1	3	3	Makina motor havalandırmasının devamlı, ay da daha sık aralıklarla yapılması

04	İplikhane	İplikhane giriş zeminin metal olması ve pamuk balyaları üzerinde bulunan metal kısımların zeminle sürtünmesi sonucu pamuk balyalarının yanması	Yangın	Yok	3	2	6	Üreticiden pamuk balyalarının metal kısımlarının değiştirilmesinin istenmesi, zeminin değiştirilmesi ya da tellerin girişten hemen önce kesilmesi
05	İplikhane	Klima kanalı içinde yangın çıkması	Yangının söndürülmesinin güçleşmesi ve yangının kısa sürede yayılması	Yeterli değil	5	4	20	Emiş kanallarında çıkan yangınları önlemek üzere çalışma yapılması
06	Pamuk ambarı	Akülü elektrikli forkliftin pamuk ambarında çalışması	Forkliftin elektrik yalıtımının etkin olmaması sonucu çıkabilecek olan yangın	Var	1	3	3	Forklift elektrik yalıtım kontrollerinin sıklaştırılması
07	İplikhane	Makinaların içinde mıknatıstan geçebilen metal parçaların fana sürtünmesi	Sürtünme sonucu oluşan yangın	Var	3	2	6	Pamuk balyalarının dışında bulunan metal çemberlerin değiştirilmesi, ek bir mıknatıs yerleştirilmesi
08	İplikhane	Emiş kanallarına kıvılcım gitmesi	Kısa sürede yayılabilen	Yok	4	4	16	Emiş kanallarında

			yangın					çıkan yangınları önlemek üzere çalışma yapılması
--	--	--	--------	--	--	--	--	--

RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

Faaliyet bölümü: Haşıl Bölümü

Sıra no	Faaliyet bölgesi	Faaliyet tanımı	Tehlike tanımı	Mevcut önlem	A Olasılık 1-5	B Şiddet 1-5	Risk seviyesi A*B	Alınacak ilave önlemler
01	Haşıl	Haşıl mutfağında Bulunan basınçlı kazanlarla yapılan pişirme işleri	Kazanlarda oluşabilecek patlama ihtimali	Kazan üzerindeki emniyet cihazları ve yapılan testler	1	5	5	Testlerin belirlenen periyotlarda yapılması ve kayda alınması
02	Dokuma	Dokumada işletme çalışma koşullarına uygun levhaların etkin kullanılmaması	Bilgi eksikliğinden kaynaklanacak yangın, patlama	Yeterli değil	1	4	4	Dokuma kapı girişlerine dikkat çekici levhalar yapılması
03	Dokuma	Elektrik kabloları	Yangın, patlama	Yok	2	4	8	Elektrik kablolarının izolasyonu, üstten giden kabloların zemin altına alınması.
04	Haşıl mutfağı	Köşelerde, boruların ve havalandırmanın üstlerinde nişasta	Toz patlaması	Yeterli değil	1	4	4	Havalandırma kalitesinin kontrol edilmesi, detaylı temizliğin ayda bir

		birikmesi						veya iki kez gerçekleştirilmesi kullanım sırasında ambalajın delinmemesi için dikkat edilmesi ve ana ambardan (R2) gelen yıpranmış ambalajların kullanılmaması
05	Haşıl mutfağı	Nişastanın yerlere saçılması	Toz patlaması	Yeterli değil	1	4	4	Zemin temizliğinin her gün yapıldığından emin olunması, Nişastaların bekletildiği yerlerin raf şeklinde düzenlenmesi ve bu rafların altına tava yerleştirilmesi, minimum stok uygulanması

RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

Faaliyet bölümü: İndigo Boyama Bölümü

Sıra no	Faaliyet bölgesi	Faaliyet tanımı	Tehlike tanımı	Mevcut önlem	A Olasılık 1-5	B Şiddet 1-5	Risk seviyesi A*B	Alınacak ilave önlemler
01	İndigo	İndigo ünitesi boya mutfağı havalandırması yetersiz	Yanıcı gazların ortamda birikmesi sonucu patlama, yangın	Yetersiz	2	4	8	Havalandırma sisteminde iyileştirme yapılması

02	Indigo	İndigo ünitesi boya mutfağı havalandırması yetersiz	Toz patlaması	Yetersiz	2	4	8	Havalandırma sisteminde iyileştirme yapılması
03	Indigo	İndigo ünitesi geneli klima ve emiş kanal üzerinde elyaflar mevcut yangın riski taşımakta.	Yangın	Yok	2	4	8	Temizlik periyodlarının artırılması.
04	Indigo	Koltuk ambarında depolanan kimyasallar MSDS'lerinde verilen bilgilere göre yerleştirilmemiş	Kimyasal teması sonucu patlama, yangın	Yok	1	3	3	MSDS'lere uygun depolama
05	Indigo	Koltuk ambarında rafların altında tava yok	Kimyasalların sızması nedeniyle oluşabilecek yangın ve patlama	Yok	1	3	3	Rafların altına tava yerleştirilmesi
06	Indigo	Koltuk ambarında raflarda depolanan kimyasal ve boya ile ilgili bilgi formları yok	Yanlış depolama ve kullanım sonucunda oluşabilecek yangın ve patlama	Yok	2	3	6	Rafların üstüne kimyasal bilgi formları yerleştirilmesi

07	Indigo	Koltuk ambarının içinde absorbant bulundurulmaması	Dökülme sonrasında yangın ve patlama	Yok	2	3	6	Koltuk ambarında absorbant bulundurulması
08	Indigo	Koltuk ambarındaki toz kimyasalların taşınma ve kullanım esnasında zemin ve köşelerde birikmesi	Toz patlaması	Yeterli değil	1	4	4	Koltuk ambarı her gün temizlenmeli, toz çeken fanın verimliliği analiz edilmeli
09	Indigo	Çalışanlar kimyasallar, olası kazalar ve acil durum planı hakkında yeterli bilgiye sahip değil	Yangın ve patlama oluşması durumunda uygun önlemin alınmaması ve bu nedenle kazanın büyümesi ihtimali	Yeterli değil	3	4	12	Acil durum planının revize edilmesi, kimyasal bilgi formlarının bulunup bulunmadığının düzenli aralıklarla kontrol edilmesi ve çalışanların eğitilmesi

RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

Faaliyet bölümü: Terbiye Bölümü

Sıra no	Faaliyet bölgesi	Faaliyet tanımı	Risk tanımı	Mevcut önlem	A Olasılık 1-5	B Şiddet 1-5	Risk seviyesi A*B	Alınacak ilave önlemler
01	Terbiye	Terbiye salonundaki havalandırma yeterli değil	Yanıcı kimyasal buharlaşması sonucu yangın ya da patlama oluşması	Yeterli değil	3	3	9	Havalandırma sisteminde iyileştirme yapılması

02	Terbiye	Terbiye koltuk ambarındaki havalandırma yeterli değil	Yanıcı kimyasal buharlaşması sonucu yangın ya da patlama oluşması	Yeterli değil	3	3	9	Havalandırma sisteminde iyileştirme yapılması
03	Terbiye	Terbiye salonundaki havalandırma yeterli değil	Toz patlaması oluşması	Yeterli değil	1	4	4	Havalandırma sisteminde iyileştirme yapılması
04	Terbiye	Terbiye koltuk ambarındaki havalandırma yeterli değil	Toz patlaması oluşması	Yeterli değil	2	4	8	Havalandırma sisteminde iyileştirme yapılması
05	Terbiye	Terbiye mutfağında temizlik ve üretim için kullanılan bidonlar etrafta, kapakları açık bulunuyor	Bidonların ağzının açık kalması ve ortada olması sonucu kimyasalın dökülmesi, buharlaşması sonucu patlama, yangın oluşması	Yok	2	3	6	Bidonların yerlerinde durması ve ağzlarının mutlaka kapalı tutulması
06	Terbiye	Temizlik bidonlarının ve mutfakta kullanılan kimyasalların bilgi etiketleri yok	Kimyasalın MSDS'ine uygun kullanılmaması sonucu yangın, patlama	Yok	1	3	3	Kimyasal maddelerin bilgi etiketlerinin bulundurulması
07	Terbiye	Kimyasallar terbiye koltuk ambarında ve mutfağında MSDS'lerine göre yerleştirilmemiş	Kimyasalların birbirine teması sonucu yangın, patlama	Yok	1	3	3	MSDS'lere uygun depolama

08	Terbiye	Terbiye koltuk ambarı çok küçük ve muhafaza duvarı yok	Sıkışık depolama sonucu kimyasal teması	Yok	1	4	4	Terbiye koltuk ambarının yeniden yapılandırılması ve bu ambarın dayanıklı yapı ile izole edilmesi
09	Terbiye	Terbiye koltuk ambarında kimyasallarla kumaş topları yanyana duruyor	Koltuk ambarı ve kumaşlarda oluşabilecek yangının çabuk sıçraması	Yok	2	4	8	Terbiye koltuk ambarının yeniden yapılandırılması ve bu ambarın dayanıklı yapı ile izole edilmesi
10	Terbiye	Terbiye denim finish mutfağı tankları ağız açık	Yanıcı gaz buharlaşması sonucu yangın ve patlama	Yok	1	3	3	Tank ağızlarının kapalı tutulması
11	Terbiye	Çalışanlar kimyasallar, olası kazalar ve acil durum planı hakkında yeterli bilgiye sahip değil	Yangın ve patlama oluşması durumunda uygun önlemin alınamaması ve bu nedenle kazanın büyümesi ihtimali	Yeterli değil	3	4	12	Acil durum planının revize edilmesi, kimyasal bilgi formlarının bulunup bulunmadığının düzenli aralıklarla kontrol

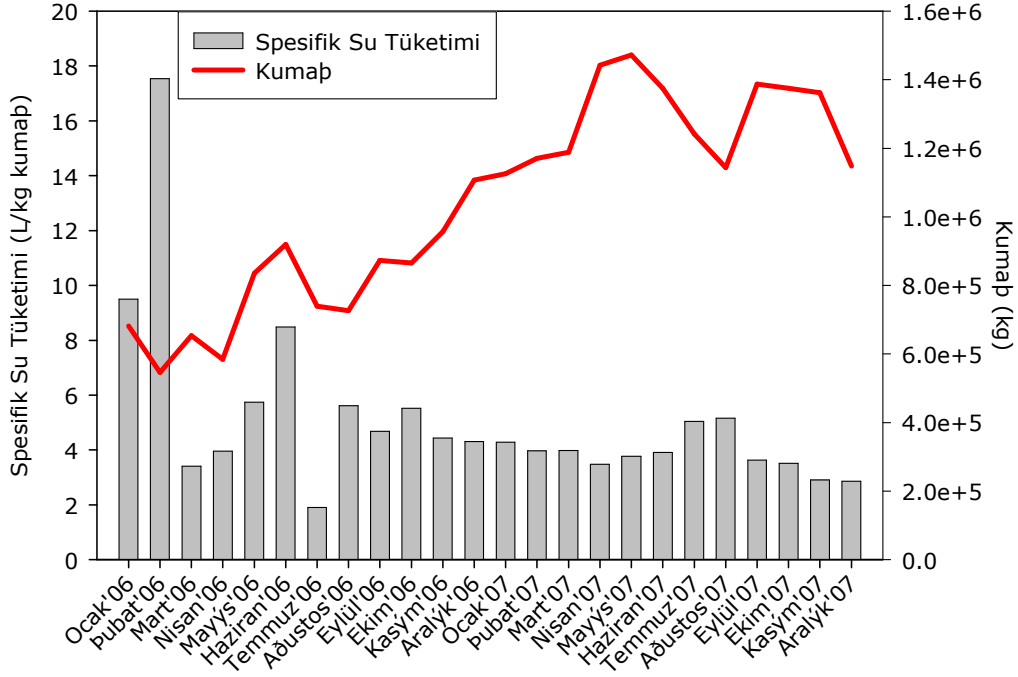
								edilmesi ve çalışanların eğitilmesi
12	Terbiye	Elektrik panoları üzerinden buhar ve su boruları geçiyor	Yangın riski	Yok	2	5	10	Düzenlemek için proje geliştirmek.
13	Terbiye	Denim finiş bölgesi gaz borusu koruması yok	Gaz sızıntısı sonucu yangın riski	Yok	2	5	5	Gaz borularına koruma takılması
14	Terbiye	Koltuk ambarında bulunan ambalajların üstünde elyaf birikiyor	Elyafın tutuşması sonucu kimyasalların patlaması	Yok	2	4	8	Kimyasalların depo edildiği bölümün bariyerle çevrilmesi, ambalajların üstünün daha sık temizlenmesi
15	Terbiye	Koltuk ambarındaki, kimyasallar havalandırma yetersiz olduğu için tutulması gereken sıcaklıkta tutulamıyor	Kimyasal patlama, yangın	Yok	1	4	4	Bariyerle çevrili bir koltuk ambarı oluşturulması ve bu bölümün sıcaklığının sabit tutulması
16	Terbiye	Mutfakta bulunan pişirme tanklarının bakımları düzenli olarak yapılmıyor, aşınmış pişirme	Patlama	Yok	2	4	10	Aşınmış tanklar değiştirilmeli, pişirme tanklarının

		tankları var						bakımı düzenli olarak yapılmalı
17	Terbiye	Mutfakta bulunan pişirme tanklarının bakımları düzenli olarak yapılmıyor, aşınmış pişirme tankları var	Patlama sonucu basıncın yükselmesi ve toz patlaması oluşması		4	4	16	Aşınmış tanklar değiştirilmeli, pişirme tanklarının bakımı düzenli olarak yapılmalı. Düzgün çalışan bir havalandırma sistemi olmalı ve ortamda biriken toz düzneli olarak temizlenmeli
18	Terbiye	Etkili zemin temizliğini güçleştirecek faktörlerin bulunması	Zeminde toz birikmesi	Yok	1	3	3	Zeminde 5 cm çapındaki delik yerine ızgara bulunması, terbiye koltuk ambarı ve mutfağının yeniden yapılandırılması
19	Terbiye	Koltuk ambarında yeterli sayıda raf yok, bazı kimyasallar ortada duruyor	Ambalajların ortada durması sonucu kimyasalın dökülmesi, buharlaşması.	Yok	1	4	4	Terbiye ambarının yeniden düzenlenmesi, daha geniş bir

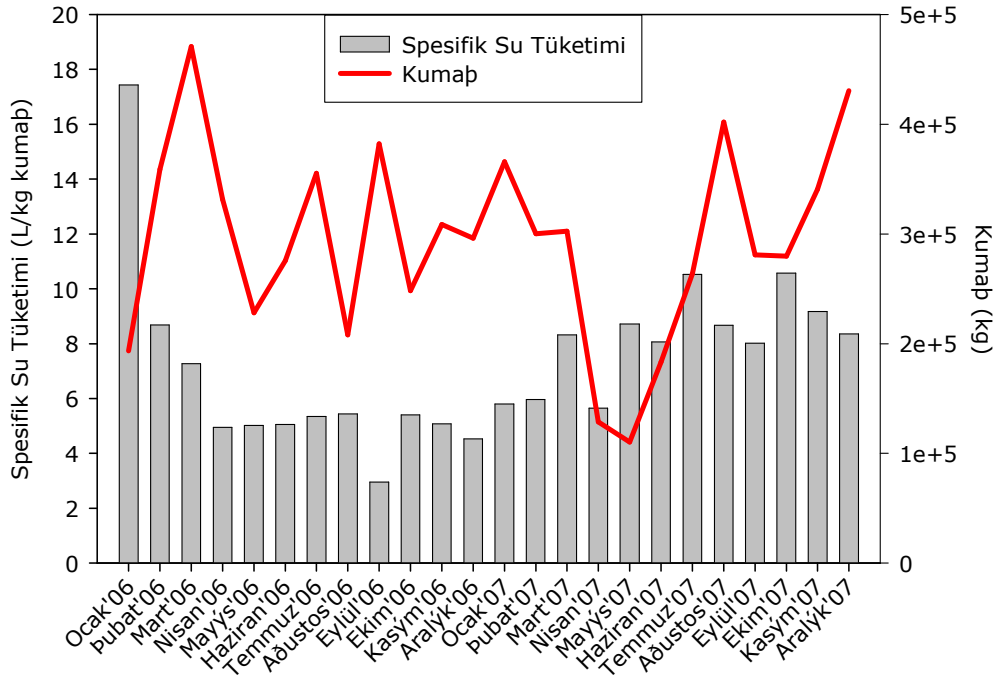
			Bunun sonucunda yangın, patlama					koltuk ambarı yapılması. Forkliftlerin katı ambalajlarını delmesi riskine karşılık, katıların durduğu rafın altına da tava yerleştirilmesi
20	Terbiye	Koltuk ambarında yeterli sayıda tava yok	Kimyasal ambalajlarının yıpranması anında kimyasalların birbirine teması sonucu yangın, patlama	Yeterli değil	1	4	4	Her raf altına tava yerleştirilmesi
21	Terbiye	Koltuk ambarı ve mutfakta düzenli olarak toz temizliği yapılmıyor	Toz patlaması	Yeterli değil	1	4	4	Ortamdaki tozların düzenli olarak temizlenmesi
22	Terbiye	Kimyasal dökülmesi anında kullanılması gereken absorbant kiti yok	Dökülen kimyasalın veya kimyasalın buharının yanması, patlaması	Yok	2	3	6	Absorbant kitinin hem koltuk ambarı, hem de mutfakta mutlaka bulundurulması

EK 6

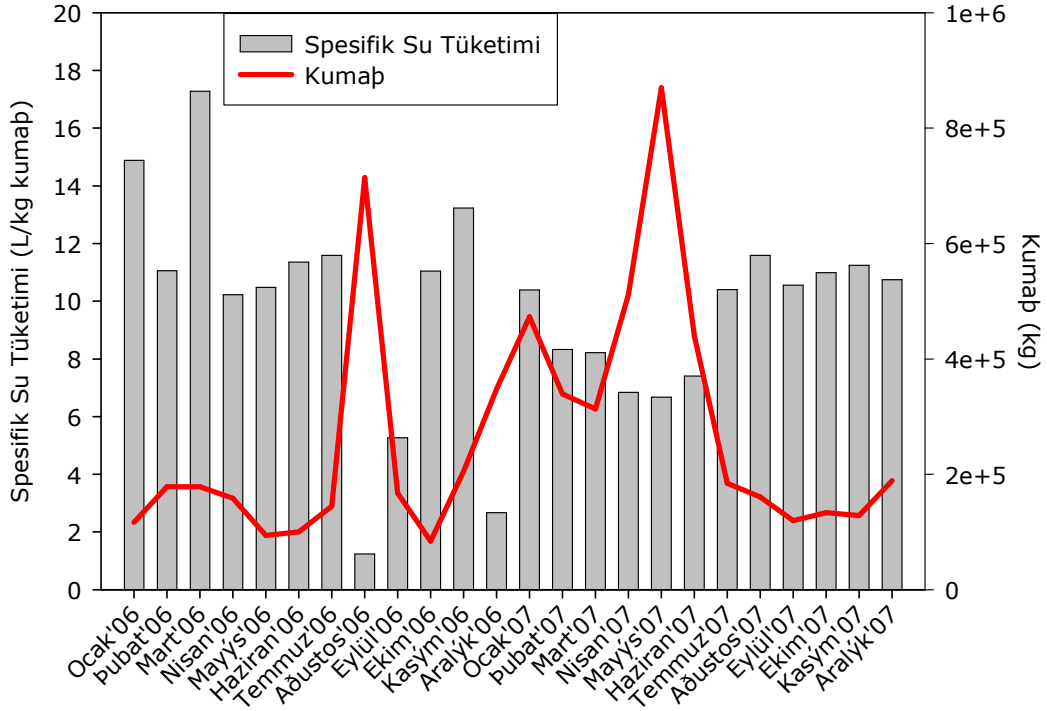
TERBİYE PROSESİ MAKİNA BAZINDA SU VE ENERJİ TÜKETİMİ



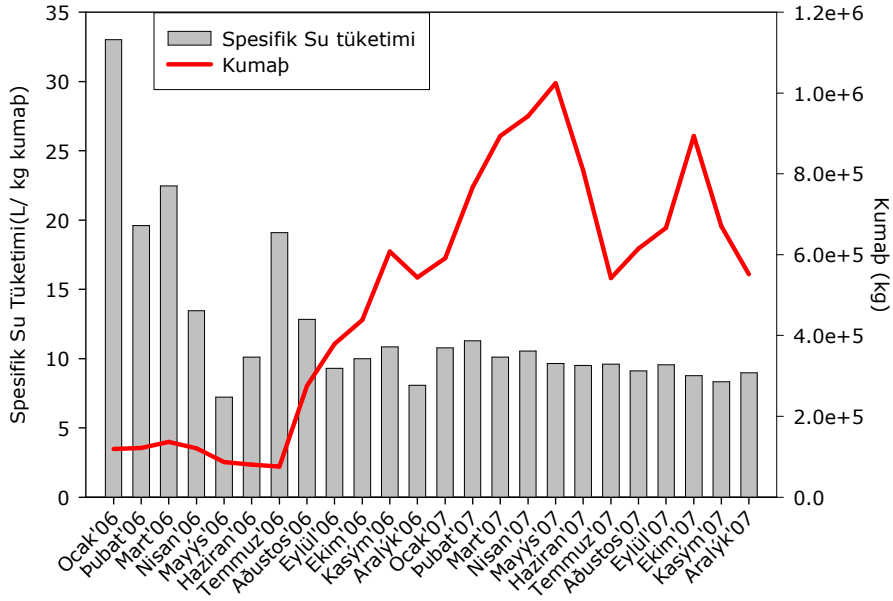
Şekil 6.1. M1'de spesifik su tüketimi



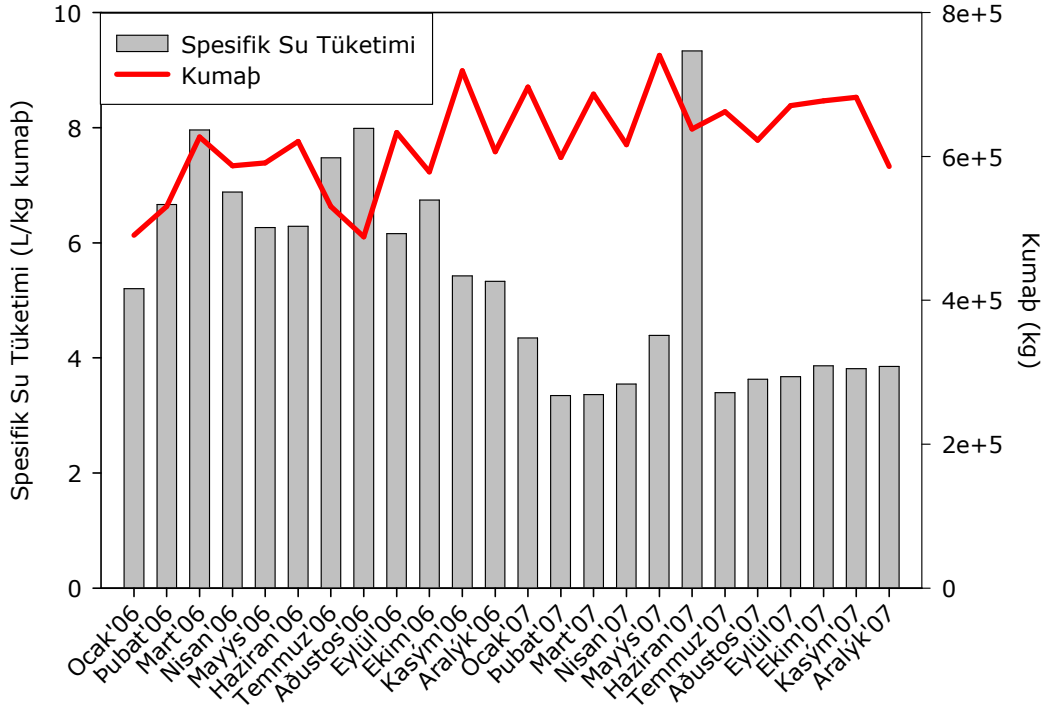
Şekil 6.2. M2'de spesifik su tüketimi



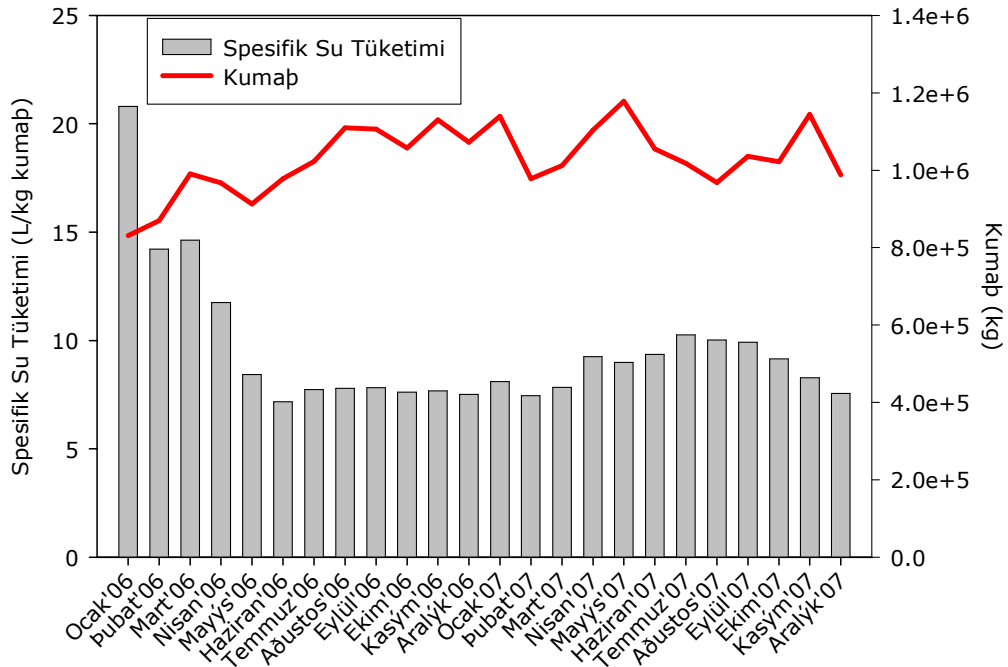
Şekil 6.3. M3'te spesifik su tüketimi



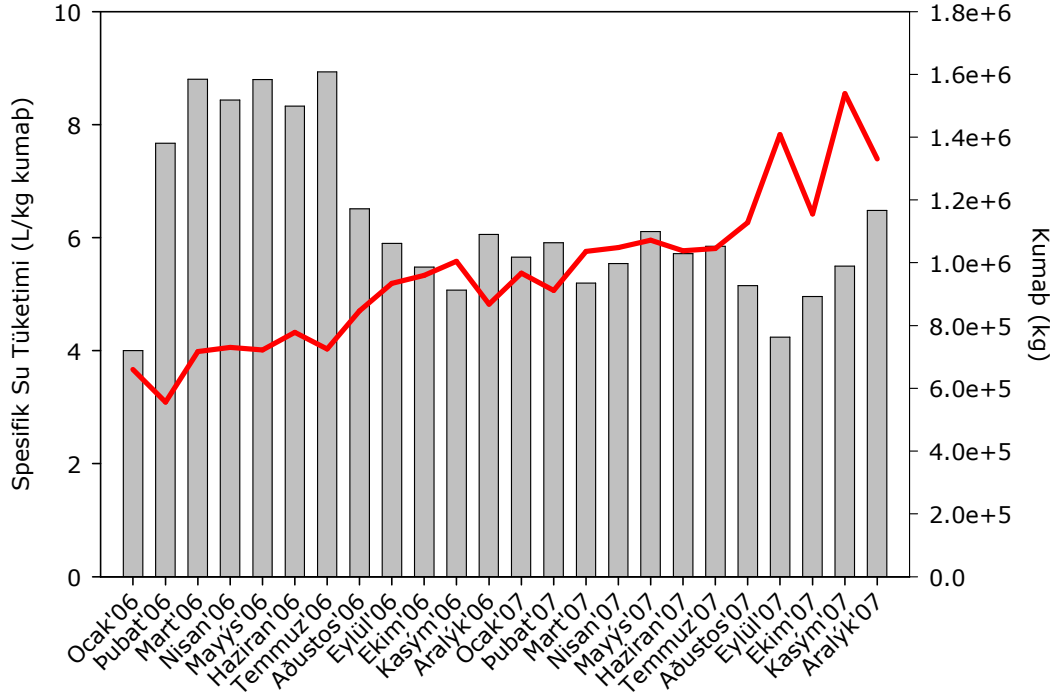
Şekil 6.4. M4'te spesifik su tüketimi



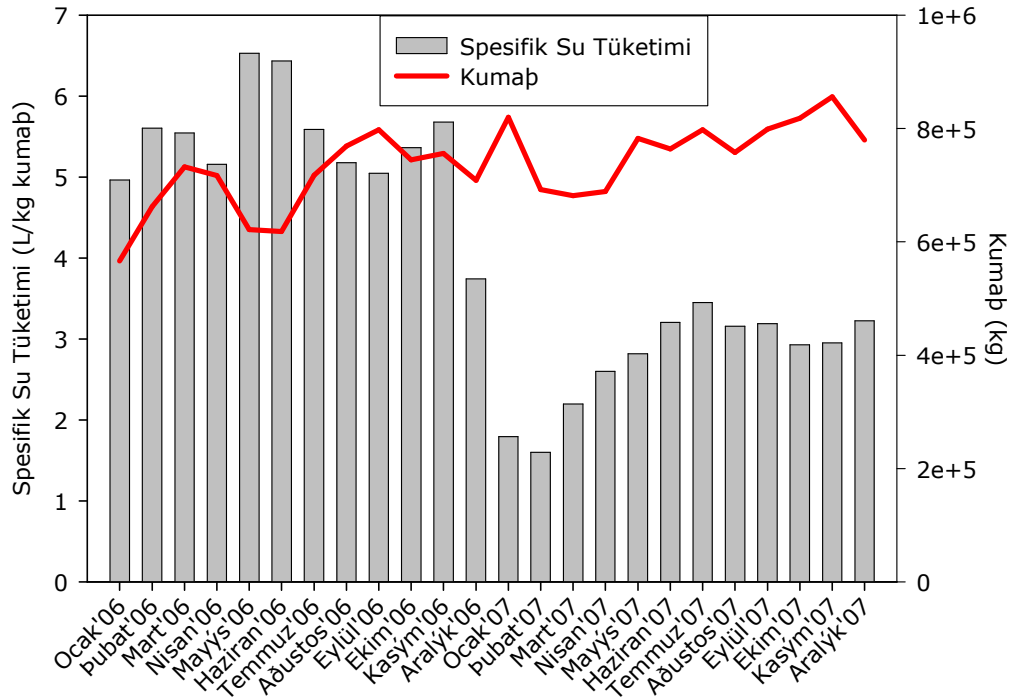
Şekil 6.5. M5'te spesifik su tüketimi



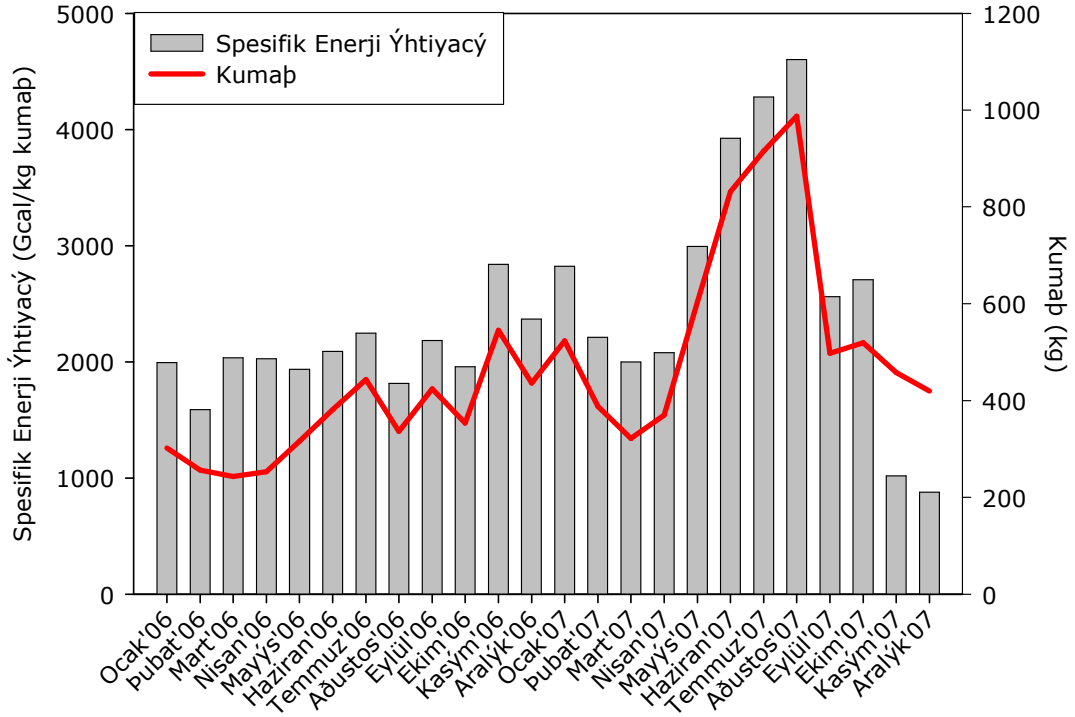
Şekil 6.6. M6'da spesifik su tüketimi



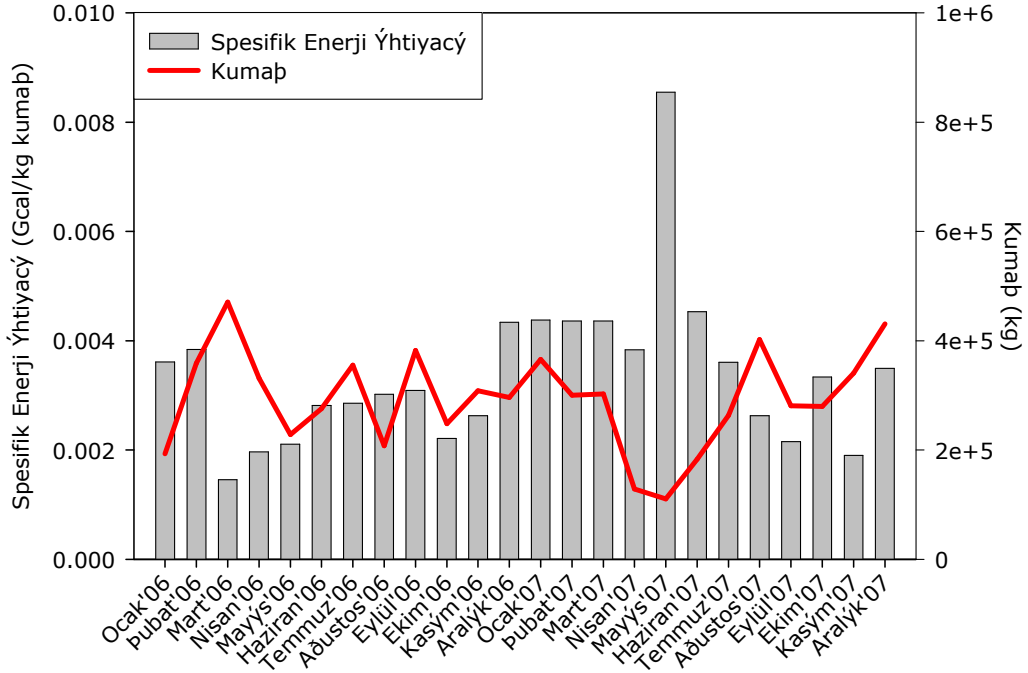
Şekil 6.7. M7'de spesifik su tüketimi



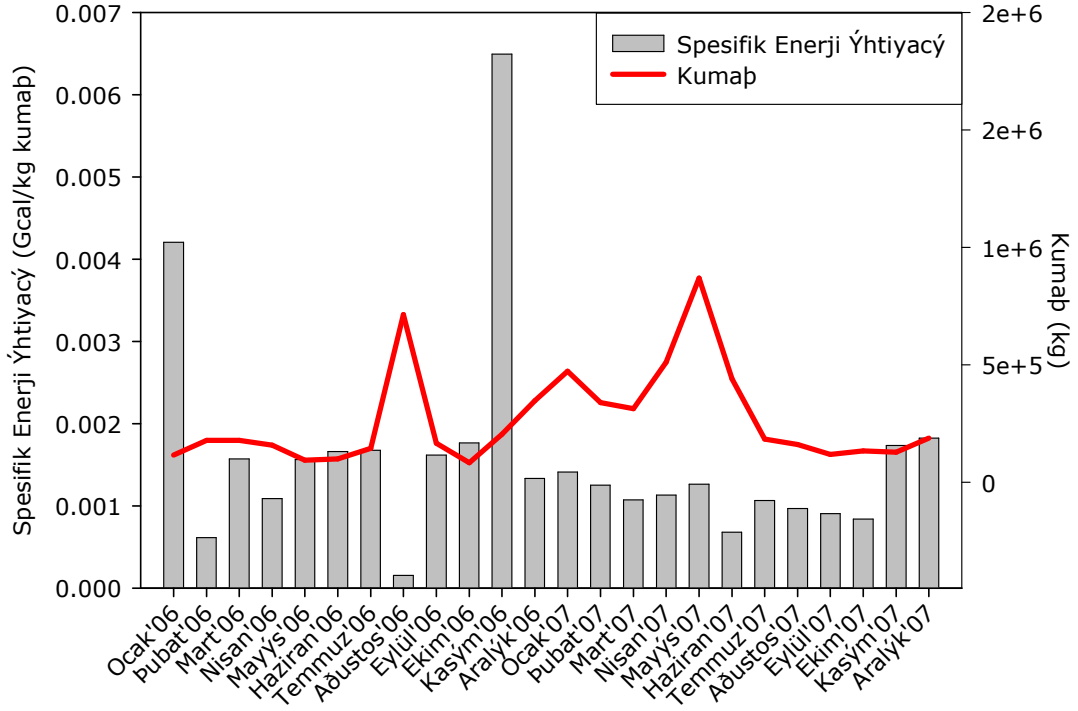
Şekil 6.8. M8'de spesifik su tüketimi



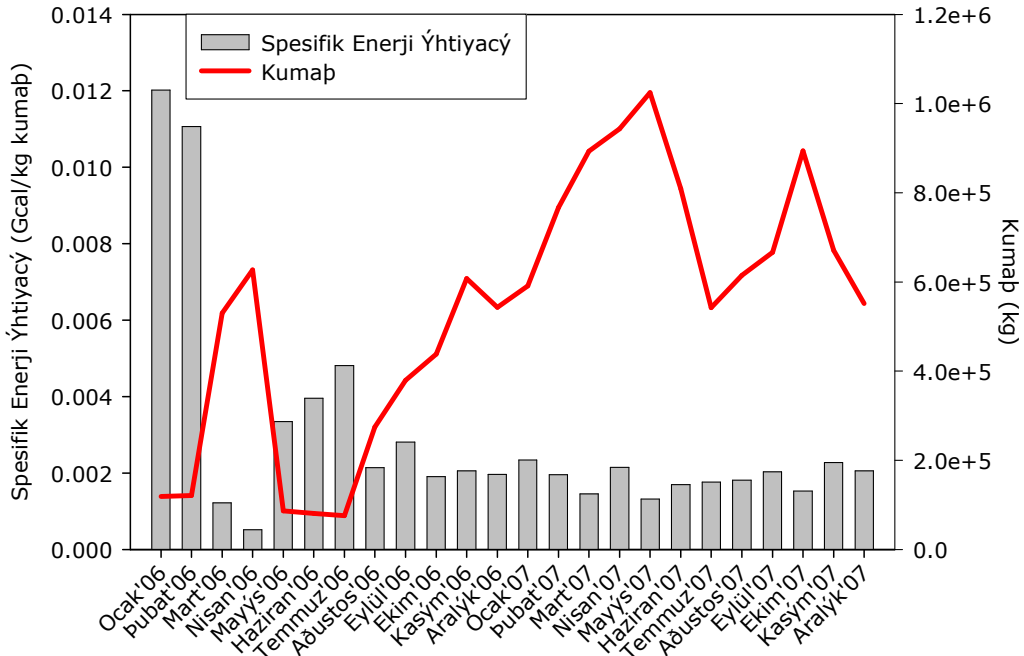
Şekil 6.9. M1'de spesifik enerji ihtiyacı



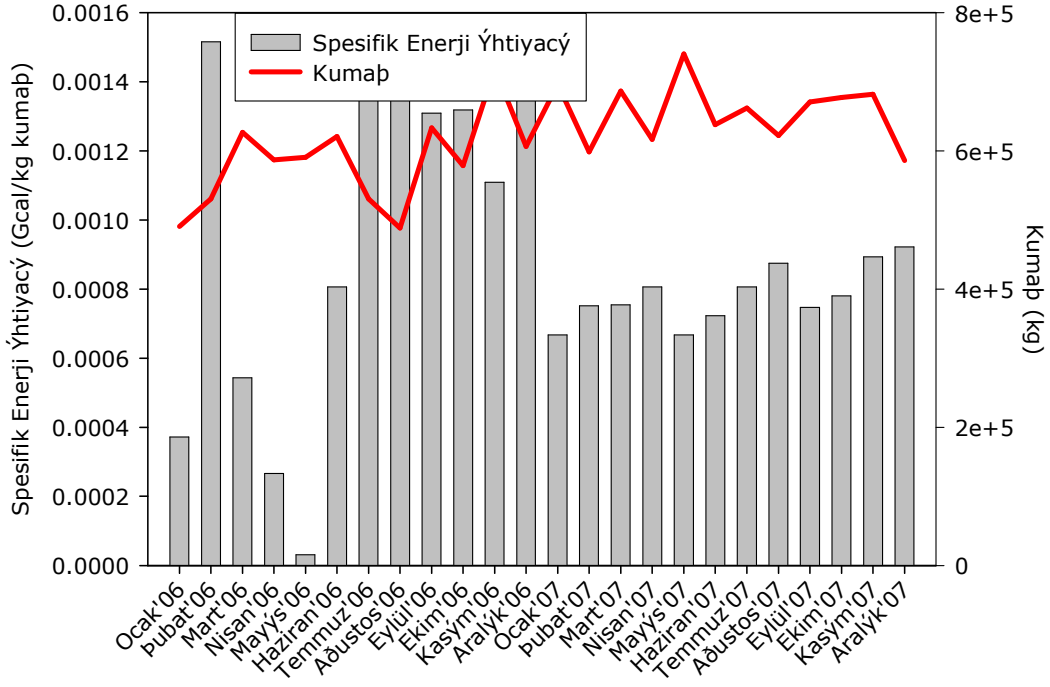
Şekil 6.10. M2'de spesifik enerji ihtiyacı



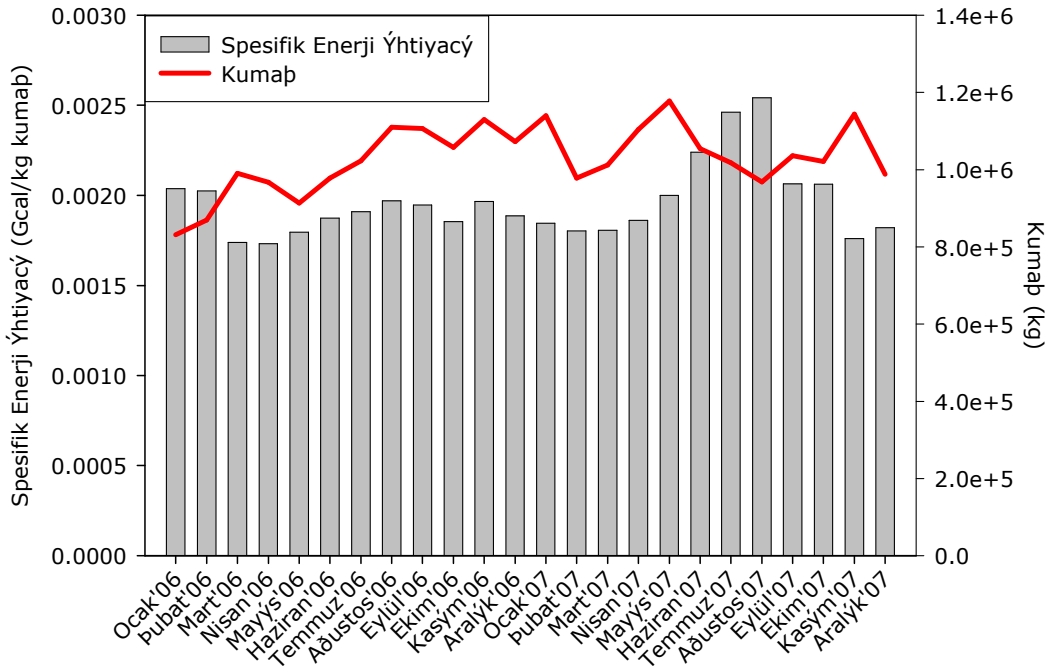
Şekil 6.11. M3'te spesifik enerji ihtiyacı



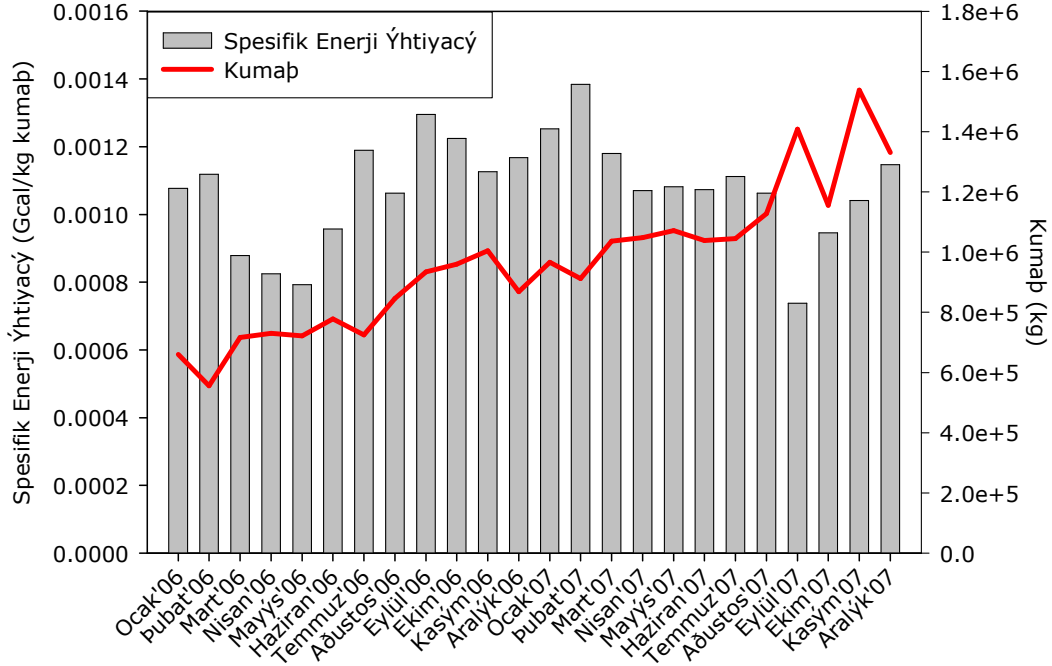
Şekil 6.12. M4'te spesifik enerji ihtiyacı



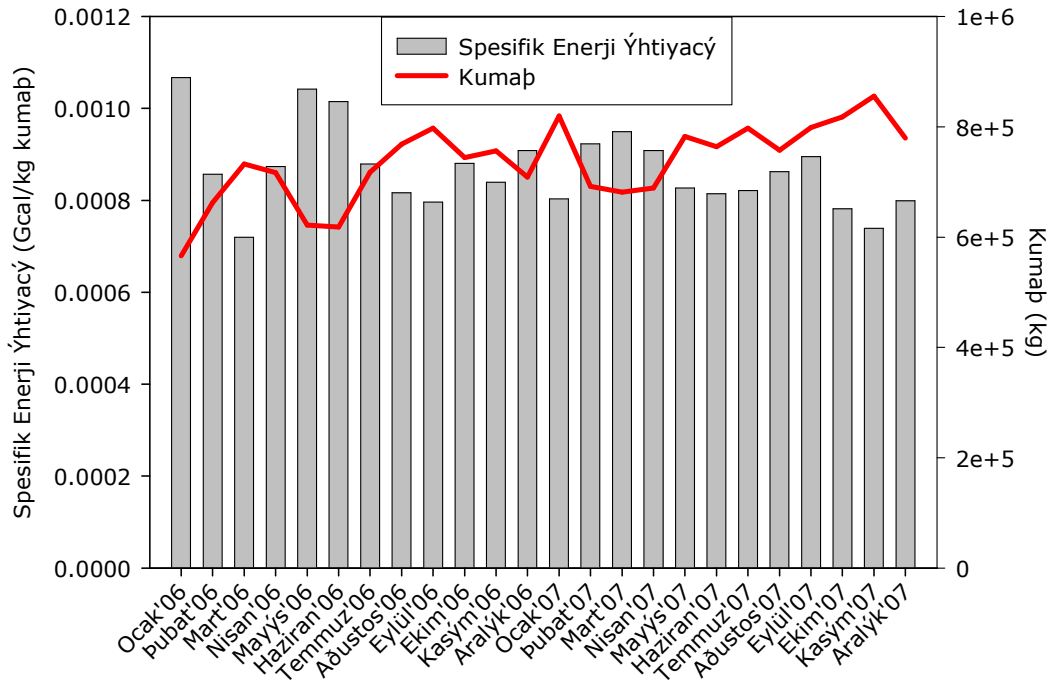
Şekil 6.13. M5'te spesifik enerji ihtiyacı



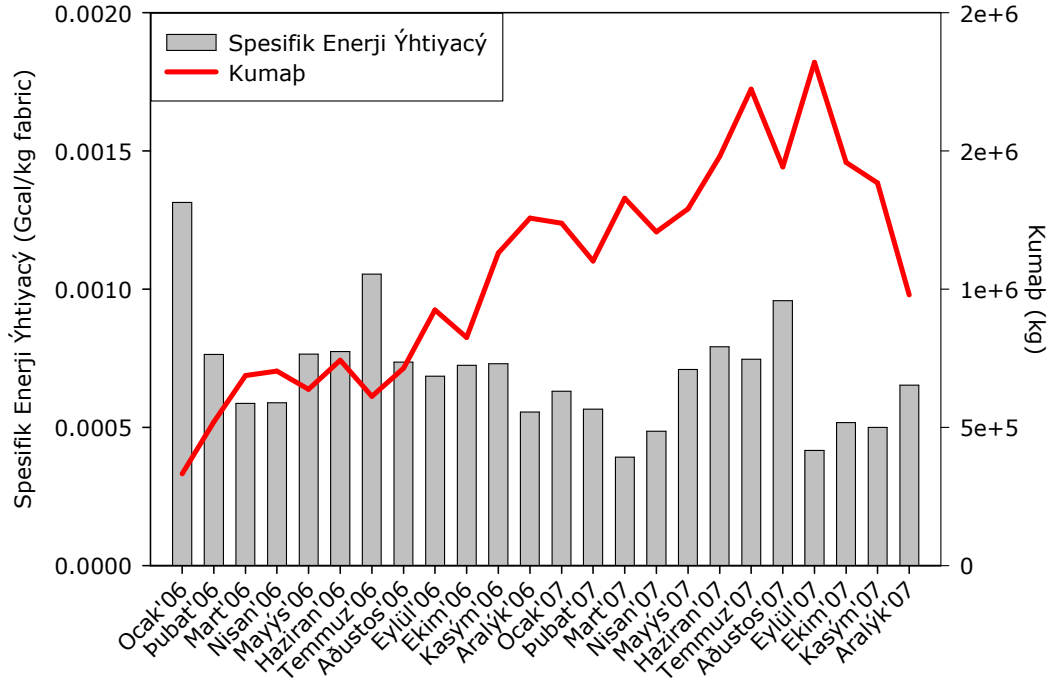
Şekil 6.14. M6'da spesifik enerji ihtiyacı



Şekil 6.15. M7'de spesifik enerji ihtiyacı



Şekil 6.16. M8'de spesifik enerji ihtiyacı



Şekil 6.17. M9'da spesifik enerji ihtiyacı

EK 7

FAYDA/MALİYET ANALİZİ İÇİN METODOLOJİ

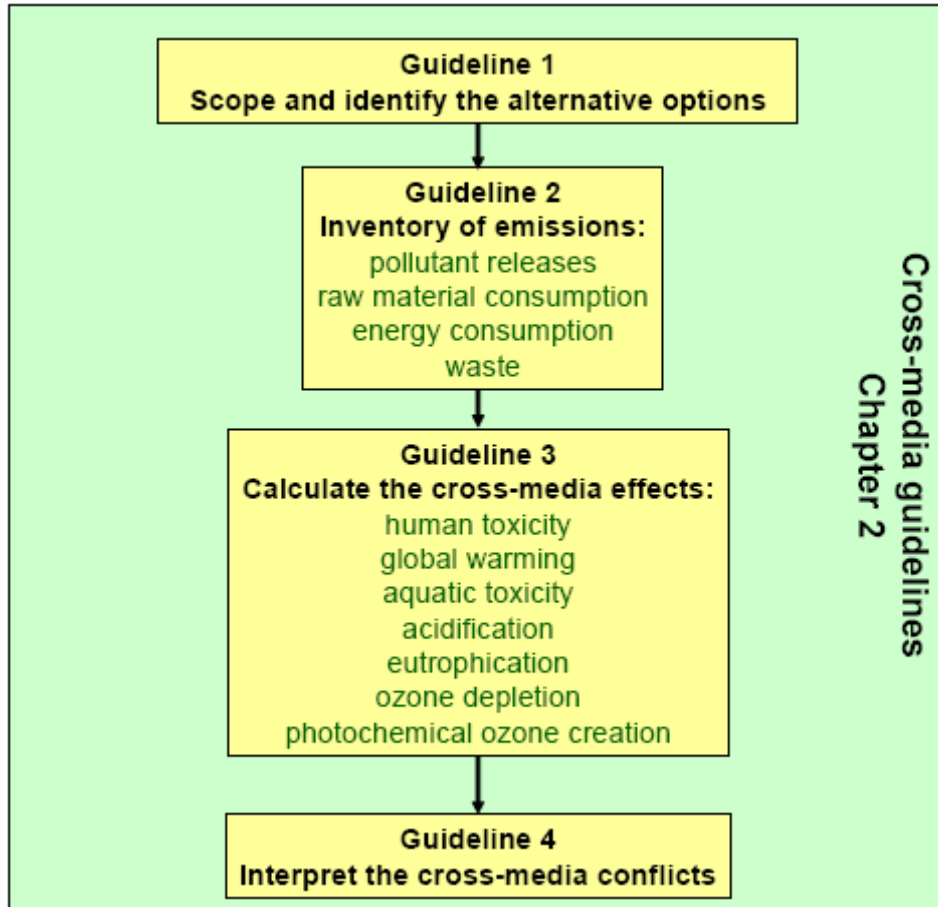
1. Çapraz-ortam etkileri için rehber

Rehber 1 (Guideline 1): Kapsam ve alternatif seçeneklerin belirlenmesi

Rehber 2 (Guideline 2): Emisyonların envanteri (kirletici çıkışı, hammadde tüketimi, enerji tüketimi, atıklar)

Rehber 3 (Guideline 3): Çapraz-ortam etkilerinin hesaplanması (toksikite, küresel ısınma, asidifikasyon, ötrofikasyon, ozon tabakasının incelenmesi, fotokimyasal ozon üretimi)

Rehber 4 (Guideline 4): Çapraz-ortam çelişkilerinin yorumlanması



Şekil 7.1. Çapraz ortam etkileri için rehber

2. Maliyet hesabı için rehber

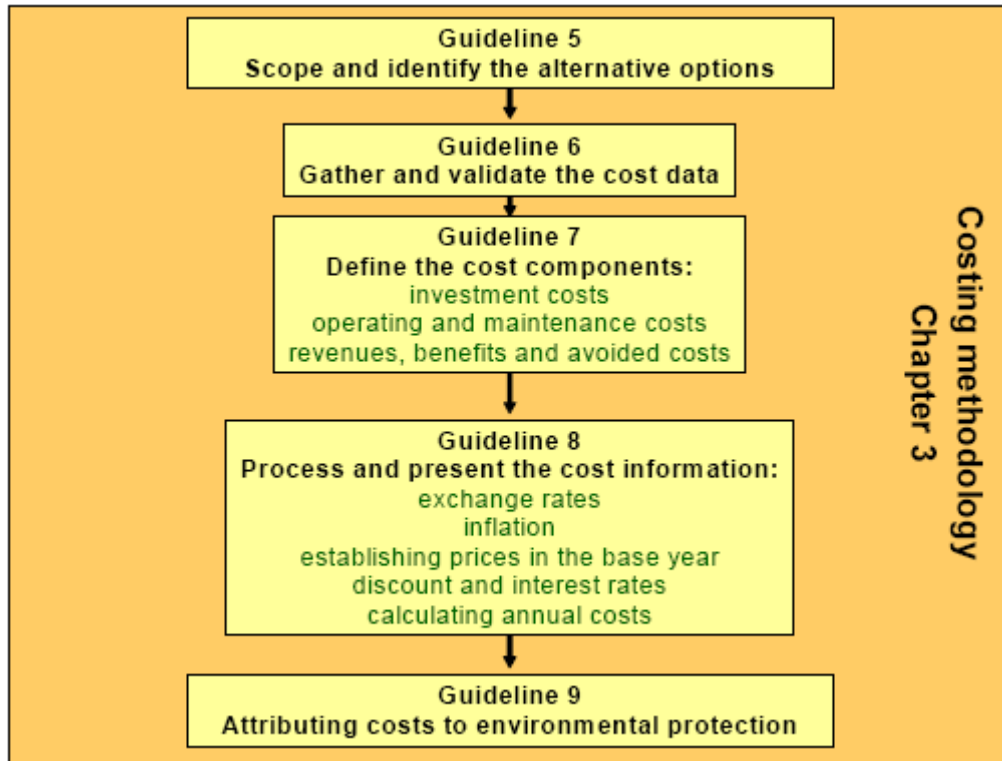
Rehber 5 (Guideline 5): Kapsam ve alternatif seçeneklerin belirlenmesi

Rehber 6 (Guideline 6): Maliyet verilerinin toplanması ve doğrulanması

Rehber 7 (Guideline 7): Maliyet bileşenlerinin tanımlanması (yatırım maliyetleri, işletim ve bakım maliyetleri, gelirler, faydalar ve engellenen maliyetler)

Rehber 8 (Guideline 8): Maliyet verisinin işlenmesi ve sunulması (enflasyon, iskonto oranı, baz yıl için fiyatların belirlenmesi, yıllık giderlerin belirlenmesi)

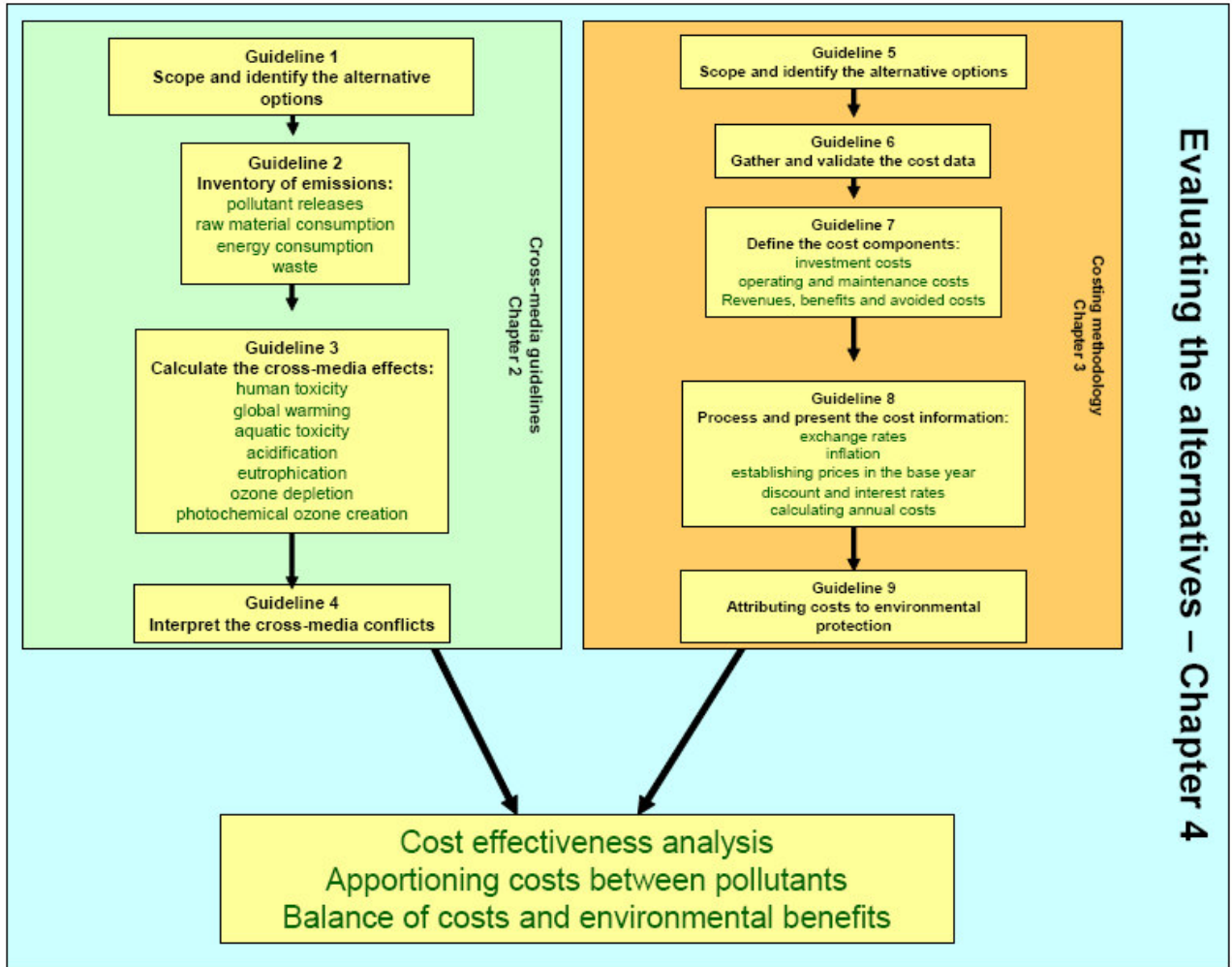
Rehber 9 (Guideline 9): Maliyetin çevresel koruma ile ilişkilendirilmesi



Şekil 7.2. Maliyet hesabı için rehber

3. Alternatiflerin değerlendirilmesi

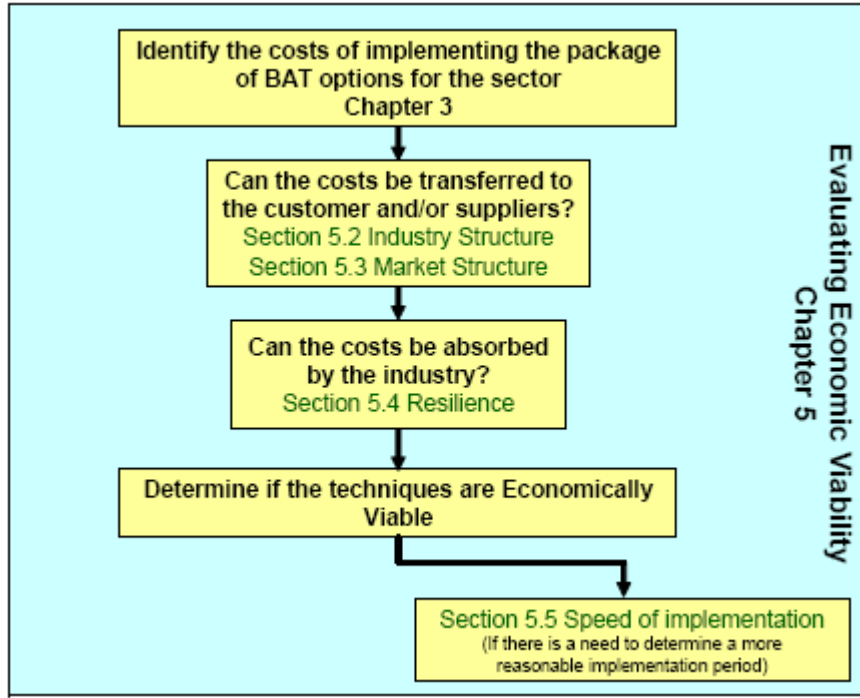
Yukarıda açıklanan aşamaları takiben belirlenen alternatif önlemler için maliyet etkinlik analizi gerçekleştirilir. Böylelikle alternatiflerin maliyetlerine karşılık çevresel faydaları ortaya konulur.



Şekil 7.3. Alternatiflerin değerlendirilmesi

4. Sektörde ekonomik uygulanabilirliği

Fabrika özelinde belirlenen BAT önlemlerinin uygulanması sonucu doğacak maliyetlerin hesaplanmasından sonra bu maliyetin müşteriye ve/veya tedarikçiye yansıtılıp yansıtılmayacağına bir değerlendirilmesi yapılır. Bunun için sektör yapısı ve piyasa yapısı analiz edilir. Ardından bu maliyetlerin sektör tarafından absorbe edilip edilemeyeceği irdelenir. Seçilen tekniklerin "ekonomik" olarak uygulanabilirliği incelenir ve bunun sonucu uygulama aşamasına geçilir.



Şekil 7.4. Sektörde ekonomik uygulanabilirlik analizi