



Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 24.10.2019
Kabul Tarihi : 19.12.2019

Received Date : 24.10.2019
Accepted Date : 19.12.2019

TEKSTİL ATIKSUYU VE SENTETİK BOYARMADDE ÇÖZELTİLERİNDEN RENK VE KOİ GİDERİMİNDE ALÜM VE MAGNEZYUM KLORÜRÜN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF ALUM AND MAGNESIUM CHLORIDE IN COLOR AND COD REMOVAL FROM TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER AND SYNTHETIC DYEING SOLUTIONS

Korhan YILMAZ ¹ (ORCID: 0000-0003-3871-6859)

Turan YILMAZ ^{1,*} (ORCID: 0000-0003-1265-7117)

¹ Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Turan YILMAZ, tyilmaz@cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Adana ilinde faaliyet gösteren iki farklı tekstil endüstrisi atıksuyu ve Basic Blue 41, Basic Blue 3, Vat Green 1, Vat Blue 4, Direct Blue 71 ve Reactive Blue 29 boyarmaddelerini içeren sentetik olarak hazırlanmış çözeltilerde magnezyum flokülasyonunu çalışılarak geleneksel bir koagülant olan alümin ile karşılaştırılmıştır. Her iki koagülant için optimum doz çalışılmış olup magnezyum flokülasyonunda pH'nın etkisi araştırılmıştır. Magnezyum flokülasyonunda 11,5 pH değerinde daha etkili sonuç alındığı gözlenmiştir. Renk ve KOİ gideriminde ise magnezyum flokülasyonunun alüminden daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca deneysel çalışma verileri Freundlich, Langmuir, Temkin ve Dubinin-Radushkevich adsorpsiyon izoterme modeline adsorpsiyon uyumunu tespit etmek için uygulanmış ve model sabitleri hesaplanmıştır. Modelleme çalışması sonucunda Renk ve KOİ gideriminde adsorpsiyonun da önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: koagülasyon, flokülasyon, adsorpsiyon, magnezyum, renk

ABSTRACT

In this study, magnesium flocculation of textile industry effluents from two factories and synthetic dyes solutions containing Basic Blue 41 (BB41), Basic Blue 3 (BB3), Vat Green 1 (VG1), Vat Blue 4 (VB4), Direct Blue 71 (DB71), and Reactive Blue 29 (RB29) have been studied and the results were compared with alum as conventional coagulant. The effects of pH on magnesium flocculation and optimum dosages for each coagulants have also been investigated. The results showed that pH 11,5 was the most efficient for magnesium flocculation. The color and COD removal efficiencies of magnesium flocculation were found better than those of alum. The data from experimental studies were also applied to Freundlich, Langmuir, Temkin, and Dubinin-Radushkevich adsorption isotherm models and related constants of each model were also calculated in order to determine the effect of adsorption. It was found out that the adsorption played an important role during whole coagulation process for the removal of color and COD.

Keywords: coagulation, flocculation, adsorption, magnesium, color

GİRİŞ

Tekstil endüstrilerinde boyama işlemi süresince önemli miktarda su ve çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Cinar ve Demiroz, 2010). Boyama prosesi atık suları kullanılan boyama kimyasallarından kaynaklı olarak renkli olup yüksek pH değerine sahip olabilmektedirler. Ayrıca çözünmüş ve askıda organik maddeler (KOİ/BOİ) bakımından da yüksek içeriğe sahiptirler (Pala & Tokat, 2002). Bu atık sular uygun bir yöntem ile arıtılmadan akarsu, göl ve deniz gibi ortamlara deşarj edildiklerinde sucül ortamı ve bu çevreden faydalanan canlıları olumsuz etkilemektedirler (Marmagne ve Coste, 1996; Gao vd., 2007). Bu atık suların deşarj edildikleri ortamdaki olumsuz

etkilerinin azaltılması için öncelikli olarak bünyesinde bulunan renk parametresinin arıtılması gerekmektedir. Çoğu tekstil endüstrisi atık suyu aerobik biyolojik prosesler ile birlikte fiziksel-kimyasal prosesleri birlikte kullanmaktadır (Marmagne ve Coste, 1996). Literatürde boyama prosesi atık sularından renk giderilmesinde koagülasyon-flokülasyon ve biyolojik prosesler (Robinson vd., 2001; Verma vd., 2012), adsorpsiyon (Hai vd., 2007) ve ileri oksidasyon proseslerinin (Kayranlı, 2011; Gadekar ve Ahammed, 2016) uygulanması ile başarıya ulaşıldığı bildirilmektedir. Bu metotlar arasında hem atıksuyun içeriğinde bulunan kirleticileri hem de renk parametresini birlikte giderebilecek etkin ve ekonomik bir metot bulunmamaktadır (Robinson vd., 2001). Endüstriyel atıksuların arıtılmasında farklı fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri kimyasal oksidasyon teknolojileri mevcuttur. Bu prosesler arasında kimyasal koagülasyon ve flokülasyon prosesi, tekstil endüstrisi atıksuların arıtılmasında maliyet açısından karşılaştırıldığında ön plana çıkmakta olup küçük ve büyük ölçekli endüstrilerde hâlihazırda yaygın olarak kullanılmaktadır (Verma vd., 2012). Alüm, kireç, polialüminyum klorür (PAC) ve ferrik sülfatlar gibi iyi bilinen koagülantlar özellikle aktif, sülfürlü ve indirgenmiş çözülmüş boyaları içeren atıksularda renk gideriminde etkili olmaktadır (Gao vd., 2007). Bununla birlikte literatürde antrakinin, ftalosiyanın, azo ve oksazin yapısına sahip küp, direkt ve reaktif boyar maddelerden kaynaklanan rengin gideriminde geleneksel koagülantların orta seviyede ya da daha az etkili olduğunu bildirmişlerdir (Marmagne ve Coste, 1996).

Zaman içinde tekstil endüstrisi atıksularından renk parametresinin gideriminde daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu gereksinimi örneklendirmek istersek eğer; (a) halihazırda bu alanda kullanılan birçok pıhtılaştırıcı ve pıhtılaştırıcı yardımcısının bulunması; (b) her bir pıhtılaştırıcı ve yardımcının etkinliğinin bir boyadan/ boya yapısından diğerine önemli ölçüde farklılık göstermesi; (c) atıksu içeren boyaların arıtılması hususunda sistemin işlerliği açısından işletme maliyetinin büyük bir sorun olması; (d) tekstil endüstrisi atıksu özelliklerinin pH, alkalinite, renk, organik içerik, çözülmüş ve süspanse edilmiş içerik bakımından tesisten tesise büyük farklılıklar göstermesi; (e) araştırmacıların çoğunun sentetik boya çözeltileri üzerinde araştırmalar gerçekleştirmiş olması ve gerçek atıksu konusunda çok daha az araştırma yapmış olmaları; (f) proseste oluşan çamurun miktar olarak azaltılmasının sistemin işlerliği ve ekonomik faktörlerden dolayı önem taşıması hususları ön plana çıkmaktadır. Geleneksel pıhtılaştırıcılarla karşılaştırıldığında, magnezyum birkaç nedenden ötürü avantajlı olabilir: (a) Magnezyum klorür diğer pıhtılaştırıcı ve yumaklaştırıcılara göre nispeten ucuz bir malzemedir; (b) pH ile magnezyum klorürün çözünürlüğü değişmekte olup bu avantajı sayesinde atık çamur miktarı azaltılabilmekte ve magnezyumun geri kazanımı ile yeniden kullanımı gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, Adana ilinde faaliyet gösteren iki tekstil fabrikasının atıksuyundan renk gideriminde magnezyum flokülasyonun etkisinin çalışılması ve geleneksel koagülantlar ile boyarmadde çözeltilerinden renk gideriminde magnezyum kullanılması durumunda giderim verimi etkisinin araştırılmasıdır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada Adana ilinde faaliyet gösteren; T1 ve T2 olarak adlandırılan iki farklı pamuklu tekstil alt kategorisine ait fabrikadan temin edilen atıksular ile birlikte Basic Blue 41 (BB41), Basic Blue 3 (BB3), Vat Gren 1 (VG1), Vat Blue 4 (VB4), Direct Blue 71 (DB71) ve Reactive Blue 29 (RB29) boyar maddelerinden ayrı ayrı hazırlanmış olan çözeltilerde çalışılmıştır. Renk giderimi aşamasında koagülant olarak $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (alüm) ve $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (magnezyum klorür) kullanılmıştır. Boyar madde çözeltileri ise 50 mg/L konsantrasyonunda hazırlanmıştır. Çizelge 1'de T1 ve T2 endüstrilerine ait renk ve KOİ konsantrasyonları ve Çizelge 2'de ise boyar madde başlangıç renk konsantrasyonları yer almaktadır.

Tablo 1. T1 ve T2 Endüstrilerine ait Atıksu Renk ve KOİ Konsantrasyonları

Atıksu	Renk (mg/L Pt)	KOİ (mg/L)
T1	1098	1629
T2	698	1297

Tablo 2. Boyar Madde Çözeltilerinin Başlangıç Renk Konsantrasyonları

Boyar Madde	Renk (mg/L Pt)
VB4	800
VG1	2000

BB3	1380
BB41	1760
RB29	2840
DB71	2700

Metot

Koagülasyon ve Flokülasyon Çalışması

Araştırma altı pedallı karıştırma hızı ayarlanabilen jar test düzeneği (Six Paddle Stirrer-Phipps & Bird Inc.) kullanılarak laboratuvar ortamında (24°C) çalışılmıştır. T1 ve T2 fabrikalarından temin edilen atıksulardan 900 mL alınarak 1 L hacminde beherlere eklenmiştir. Altı adet beher jar test düzeneğine yerleştirilerek uygun dozlar eklenmiş ve 2 dk süre ile 120 devir/dk hızında hızlı karıştırma işlemine, 30 dk süre ile 60 devir/dk hızında yavaş karıştırma işlemine ve son olarak karışım işlemi bitirilerek 30 dk süre ile çöktürme işlemine tabi tutulmuştur.

Pıhtılaştırma-yumaklaştırma işleminde koagülant konsantrasyonları 197 g/L magnezyum klorür ve 50 g/L Alüm stok çözeltileri kullanılarak ayarlanmıştır. Optimum koagülant dozunun belirlenmesi için, alüm ve magnezyum klorür için sırasıyla, 25-450 mg/L ve 50-2000 mg/L arasında değişen miktarlarda koagülantlar kullanılmıştır.

Analitik Metotlar

Çalışmada yapılmış olan Renk ve KOİ ölçümleri sırası ile Standart Yöntemler 2120C ve 5220C [8] metotlarına uygun olarak analiz edilmiştir. Renk ölçümleri yapılırken spektrofotometrik ölçüm yapılmıştır. 450 nm dalga boyunda çalışılmış olup 25 mm ışık yolunda gerçekleştirilmiştir. KOİ ölçümleri ise kuvvetli asidik ortamda (H₂SO₄) gümüş nitrat ve potasyum dikromat kimyasalları kullanılarak 150°C'de gerçekleştirilmiştir.

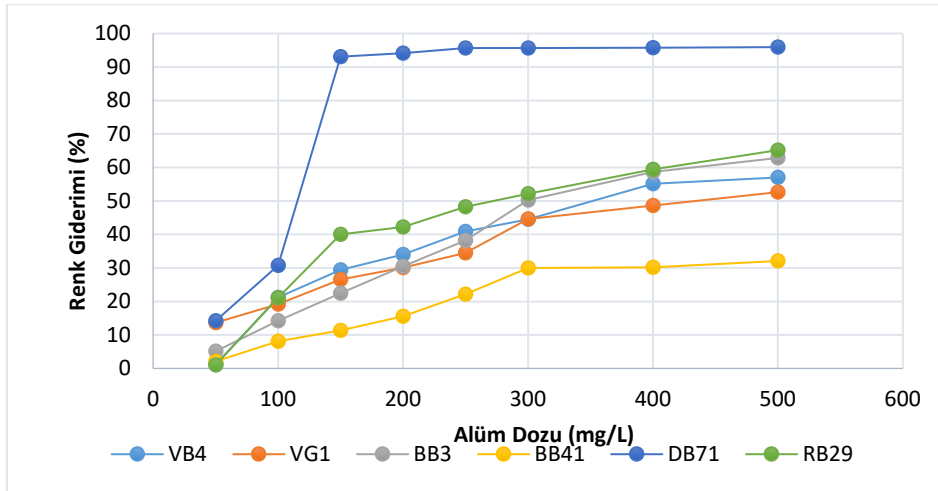
Adsorpsiyon İzotermi

VB4, VG1, BB3, BB41, DB71 ve RB29 boyar madde çözeltileri hazırlanan sentetik çözeltilere ve T1 ile T2 atıksu numunelerine koagülasyon ve flokülasyon işlemi uygulanarak tespit edilen renk ve KOİ giderim verileri yaygın olarak kullanılan Freundlich, Langmuir izoterminin 4 farklı lineer formu, Temkin ve Dubinin izoterm modellerine uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Koagülasyon-Flokülasyon İşlemi ile Boyar Madde Çözeltilerinden Renk Giderimi

Alüm ile BB41, BB3, VG1, VB4, DB71 ve RB29 boyar maddelerinin 50 mg/L çözeltilerinde çalışılmış olup analizler sonucunda hazırlanan renk giderimi grafikleri Şekil 1'de yer almaktadır. Şekil 1.de görüldüğü gibi DB71 boyarmadde çözeltisi dışında diğer tüm boyar maddeler çözeltilerinde renk giderim verimi % 52-65 arasında değişmektedir.



Şekil 1. Alüm Koagülasyonu ile Sentetik Boyar Maddelerden pH 6.5 Değerinde Renk Giderimi

Alüm konsantrasyonunun 50 mg/L olması durumunda DB71 boyar madde çözeltisinde renk giderimi %14,19 olmakta ve alüm miktarının 150 mg/L olarak çalışılması durumunda ise renk giderim veriminin %93,7 olarak artış gösterdiği görülmüştür.

Bu çalışmada kullanılan boyar maddeleri ve koagülasyon flokülasyon yöntemini 1996 yılında kullanan Marmagne ve ark. (1996)'nın ulaştıkları giderim verimleri Tablo 3'te verilmiştir (Marmagne ve Coste, 1996). Marmagne ve ark. (1996), çalışmalarında kullandıkları koagülantı belirtmemiş olsalar da buldukları renk giderme verimlerinin bu çalışmada elde edilen giderim verimlerinden farklı olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3. Çeşitli Boyar Maddeler Ve Koagülasyon-Flokülasyon İle Renk Giderimleri (Marmagne ve Coste, 1996)

Boyar Madde	Kimyasal Yapısı	Renk Giderimi (%)
Basic Blue 41.1	Azoic	0.0
Basic Blue 3	Oxazine	0.0
Vat Blue 4	Antraquinone	49.1
Vat Green 1	Antraquinone	52.1

Marmagne ve ark. (1996)'nın çalışmış oldukları BB41, BB3, VB3 ve VB1 boyar maddeleri bu çalışmada da çalışılmış olup VB4 ve VG1 boyar maddeleri için giderim verimleri her iki çalışma için benzerlik gösterirken BB3 ve BB4 için giderim verimleri bu çalışma ile farklılık göstermektedir. BB3 ve BB4 için Marmagne ve ark. (1996)'nın yapmış oldukları çalışmada renk giderimi gerçekleşmemişken bu çalışmada ise sırası ile %63 ve %32 verim değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, koagülasyon ve flokülasyon yöntemi ile bazik boyar maddelerin giderilemediği Marmagne ve ark. (1996)'nın yanısıra başka araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Bu çalışmada ise koagülasyon flokülasyon yöntemi ile bazik boyarmaddeler içeren atıksulardan renk gideriminin gerçekleştirildiği gözlenmiş olup bu husus çalışmanın önemli bir noktası olarak dikkat çekmektedir. Bazik boyar maddeler ile renk giderimi çalışılırken tüm koagülant konsantrasyonlarında orijinal renk değişimi anında gözlenirken ve koagülant dozuna bağlı renk şiddeti de değişirken diğer boyar madde çözeltilerinde koagülant miktarının artırılması ile bu renk şiddeti değişimlerinin koagülant dozuna bağlı olarak yavaş yavaş değiştiği gözlenmiştir. Bu çalışmada, boyar madde çözeltilerinin başlangıç konsantrasyonu ölçülmediği için koagülasyonla bazik boyar maddelerin tam olarak giderilip giderilemediği, gideriliyorsa hangi oranda giderildiğinin tespiti oldukça zordur. Buna rağmen bu çalışmada, renk ölçümleri dikkate alındığından bazik boyar madde çözeltilerinde renk giderimi olduğu tespit edilmiştir. Gadekar ve ark. (2016), polialüminyum klorürün koagülant olarak kullanıldığı bir içme suyu arıtma tesisine ait kalıntıları kullanarak yapmış oldukları koagülasyon flokülasyon çalışmasında boyar madde giderimi çalışmışlardır. Bu çalışmada [10] araştırmacılar pH 3'de çalışmış olup Disperse Blue 79 boyar maddesini içeren sentetik çözeltiden koagülasyon flokülasyon yöntemini kullanarak %88 renk giderim verimine ulaşmışlardır.

Bu çalışmada kullanılan boyar madde çözeltileri ile magnezyum flokülasyonu iki farklı pH değerinde çalışılmıştır. Renk giderim verimleri pH 11 ve 11,5 değerleri için sırası ile Tablo 4 ve 5'de verilmiştir.

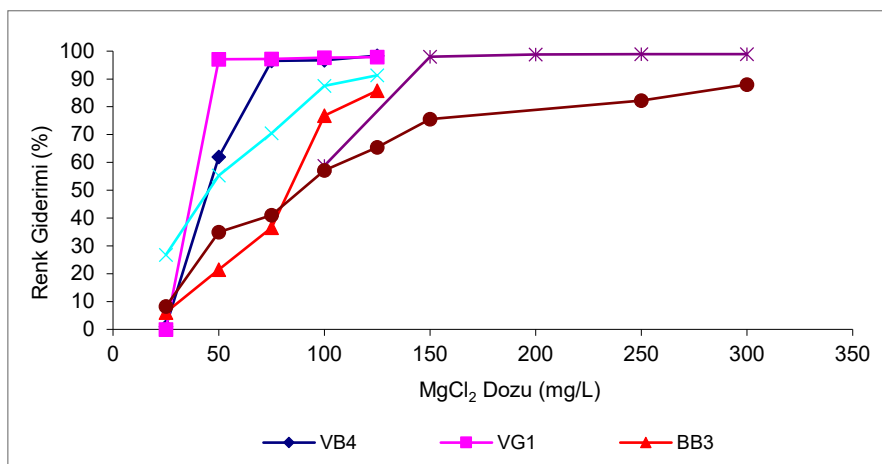
Tablo 4. Magnezyum kullanılarak pH 11 değerinde tespit edilen renk giderim verimleri

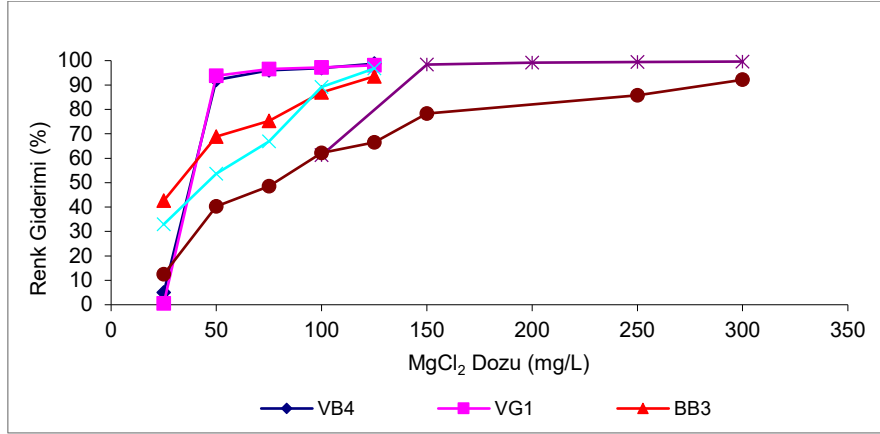
	VB4	VG1	BB3	BB41	DB71	RB29
Magnezyum klorür Dozu (mg/L)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	1,00	0,00	6,09	26,76	58,81	8,20
50	62,00	97,10	21,52	55,34	98,00	35,00
75	96,50	97,15	36,59	70,51	98,81	41,00
100	96,75	97,65	76,88	87,56	98,89	57,20
125	98,38	97,85	85,80	91,31	98,93	65,40
150						75,60
250						82,20
300						88,00

Tablo 5. Magnezyum Kullanılarak pH 11,5 Değerinde Tespit Edilen Renk Giderim Verimleri

	VB4	VG1	BB3	BB41	DB71	RB29
Magnezyum klorür Dozu (mg/L)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)	Renk Giderim (%)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	5,00	0,50	42,61	32,95	61,23	12,45
50	92,13	93,75	68,91	53,64	98,42	40,26
75	96,00	96,55	75,29	66,93	99,15	48,56
100	97,00	97,15	87,03	89,26	99,42	62,17
125	98,75	98,10	93,55	96,76	99,63	66,52
150						78,29
250						85,75
300						92,16

Bu çalışmada boyar madde ile renk gideriminde magnezyum koagülantının alümin koagülantına göre daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca DB71 boyar maddesi için her iki koagülant kullanılması durumunda diğer boyar maddelere göre daha düşük renk değerlerine ulaşılmıştır. 25 mg/L magnezyum klorür tuzunun kullanılması ile pH 11 değerinde yapılan çalışmada DB71 boyar maddesi için % 58,81 renk giderimi sağlanırken koagülant dozunun 50 mg/L'ye çıkarılması durumunda giderim veriminin % 99'a kadar arttığı belirlenmiştir. pH 11,5 değerinde ise RB29, BB41 ve BB3 boyar maddeleri için renk giderim oranları pH 11 değerine göre yaklaşık olarak % 5'lik artış göstermiştir. pH 11 ve 11,5 değerine ait magnezyum flokülasyonu ile renk giderim değişimi grafikleri sırası ile Şekil 2. ve 3.'de verilmiştir.

**Şekil 2.** pH 11 Değerinde Sentetik Boyar Maddelerden Magnezyum Klorür Koagülasyonu İle Renk Giderimi



Şekil 3. pH 11,5 Değerinde Sentetik Boyar Maddelerden Magnezyum Klorür Koagülasyonu İle Renk Giderimi

Bir araştırmacı (Gao vd., 2007) magnezyum klorür tuzu ile pH 7,5 ve pH 13 değerleri arasında 800 mg/L konsantrasyon değerinde renk giderimi çalışmıştır. Gao ve ark. (2007), sodyum hidroksit ve kalsiyum hidroksit ile pH ayarlaması gerçekleştirerek ayrıca bu iki kimyasalın da giderim üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda kalsiyum hidroksit ile birlikte magnezyum klorür kullanımının daha verimli olduğunu tespit etmişlerdir. Gao ve ark. (2007)'nin çalışmalarına ait giderim verimleri Tablo 6'da verilmiştir (Gao vd., 2007).

Tablo 6. Magnezyum Klorür İle Boyar Madde İçeren Atıksulardan Renk Giderimi [4]

Boyar Madde	Kalsiyum Hidroksit ile pH	Sodyum Hidroksit ile pH
	Ayarlaması	Ayarlaması
Acid Red	% 61,62	% 50,02
Reactive Yellow	% 55,21	% 41,87
Reactive Blue	% 83,10	% 69,38
Reactive Purple	% 67,12	% 58,23
Dispersed Dark Red	% 94,51	% 90,47
Dispersed Yellow	% 94,20	% 85,23

Araştırmacıların tespit ettikleri renk giderim verimleri bu çalışmada elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında bu çalışmadaki renk giderim oranlarının nispeten daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bazik boyar maddelerden magnezyum kullanılarak %93-96 arasında renk giderim veriminin elde edilmesi de bu araştırmanın dikkat çekici yönünü daha da pekiştirmektedir. Magnezyum kullanılması durumunda bu çalışmada bazik boyar madde çözeltilerinde rengin koagülant eklendikten sonra sürecin başlaması ile rengin anında değiştiği ve dozun artırılması ile birlikte rengin daha da açıldığı alümin kullanılması durumunda olduğu gibi aynı şekilde gözlenmiştir. Ayrıca Li ve ark. (2016) ise koagülasyon işleminde magnezyum hidroksit ile birlikte kaolin kullanarak reaktif boyar madde giderimi çalışmışlardır. Araştırmacılar (Li vd., 2016), reactive red (X-3B) ve reactive yellow (X-R) boyar maddeleri içeren çözeltiler ile çalışmış olup kaolin kullanılması ile çalışmış oldukları pH 12 değerinde verimin arttığını tespit etmişlerdir. Wong ve ark. (2007) ise boyar madde gideriminde koagülasyon flokülasyon metodu ile çalışmış olup alümin, polialüminyum klorür ve magnezyum klorürü koagülant olarak kullanmışlardır. Araştırmada (Wong vd., 2007) polialüminyum klorürün, magnezyum ve alümin koagülantlarına göre daha verimli olduklarını belirterek %99'a ulaşan giderim verimi değerini tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışma ile magnezyum kullanılması durumunda bazik boyar maddelerin renginin giderilebildiği gözlenmiş olup literatürde bu yönde araştırmaların yapılması ve giderim verimlerinin artırılması bu alandaki gelişmeler için önem taşımaktadır.

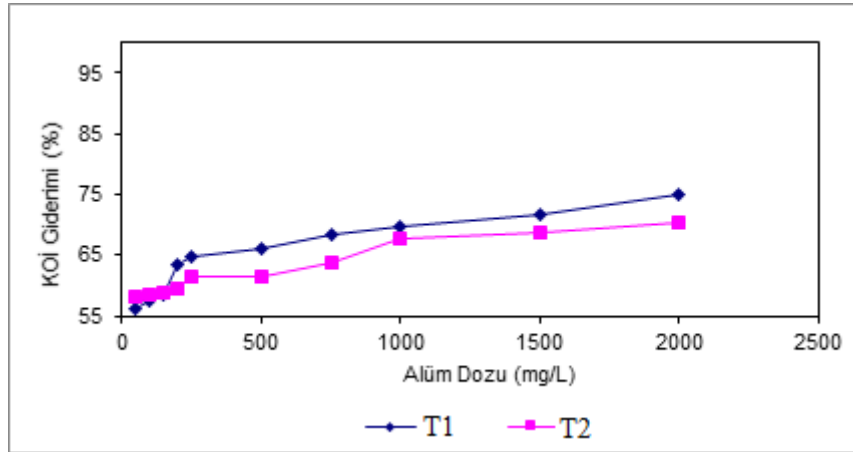
Koagülasyon ve Flokülasyon İşlemi ile Tekstil Endüstrisi Atıksularından Renk ve KOİ Giderimi

Çalışmanın bu aşamasında tekstil endüstrisi atıksularından renk gideriminde magnezyum klorür ve alümin kullanılabilirliğinin araştırılması gerçekleştirilmiştir. T1 endüstrisine ait atıksu ile pH 6,5 değerinde ve 50 mg/L alümin dozu ile %92,44 verim değeri elde edilmiş olup 2.000 mg/L alümin konsantrasyonu kullanılarak çalışılması durumunda ise %96,81 giderim verimi elde edilmiştir. T2 endüstrisine ait atıksuda alümin ile yapılmış olan çalışmada ise 50 mg/L ve 2.000 mg/L koagülant dozu uygulanması durumunda sırası ile %83,09 ve %97,13 renk giderimi değerleri tespit edilmiştir. T1 ve T2 endüstrilerine ait alümin koagülasyonu sonrası renk ve KOİ giderimleri Tablo 7'de yer almaktadır.

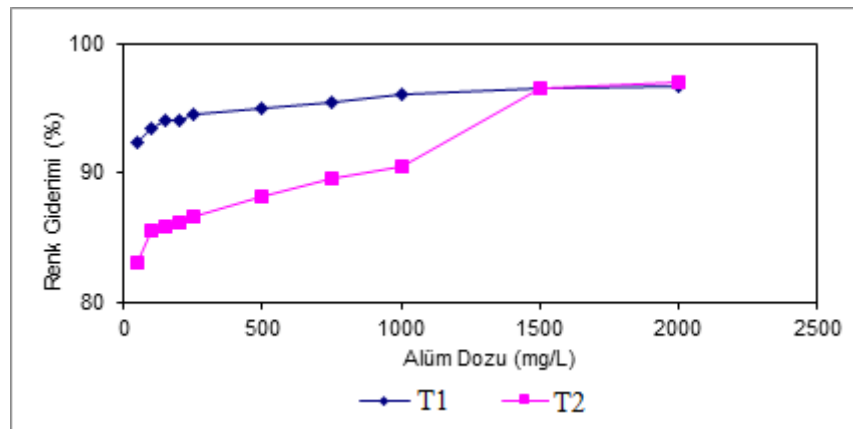
Tablo 7. T1 ve T2 Atıksularının Alümin Koagülasyonu Uygulanması ile Renk ve KOİ Giderim Verimleri

Alüm Dozu (mg/L)	T1		T2	
	Renk Giderimi (%)	KOİ Giderimi (%)	Renk Giderimi (%)	KOİ Giderimi (%)
50	92,44	56,28	83,09	58,29
100	93,44	57,61	85,53	58,44
150	94,08	58,34	85,82	58,75
200	94,17	63,31	86,10	59,44
250	94,54	64,77	86,68	61,45
500	94,99	66,16	88,25	61,60
750	95,54	68,41	89,54	63,84
1000	96,17	69,80	90,54	67,85
1500	96,54	71,62	96,56	68,85
2000	96,81	75,02	97,13	70,24

Her iki tekstil endüstrisi atıksuyu için alüm kullanılarak yapılmış olan çalışmalara ait renk ve KOİ giderim verimi grafikleri sırası ile Şekil 4 ve 5'te yer almaktadır. Şekiller incelendikleri zaman T1 endüstrisine ait atıksuda 50 mg/L alüm konsantrasyonunda % 56,28 KOİ giderim verimi tespit edilirken T2 endüstrisine ait atıksuda 50 mg/L dozlama değerinde % 58,29 KOİ giderim verimi tespit edilmiştir. Alüm miktarının artırılması ile T1 ve T2 endüstrilerine ait atıksularda benzer KOİ giderim verimleri elde alüm dozunun 1.000 mg/L'den 2.000 mg/L değerine çıkarılması ile KOİ gideriminde % 6'lık bir artış gözlenmiştir. T2 atıksuyu için 50 mg/L alüm dozlamasında % 58,29 olan KOİ giderim yüzdesi 1.000 mg/L dozunda % 67,85 giderim verimine ulaşırken 2.000 mg/L'de % 70,24 değerine ulaşmıştır.



Şekil 4. Alüm Koagülasyonu ile Tekstil Atıksularından KOİ Giderimi



Şekil 5. Alüm Koagülasyonu ile Tekstil Atıksularından Renk Giderimi

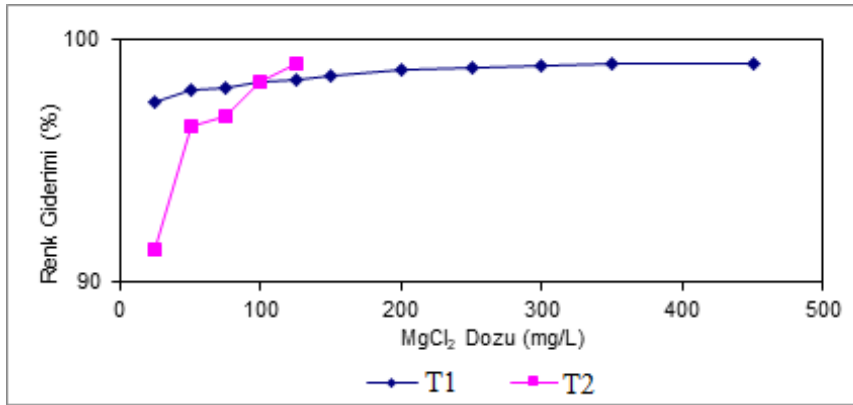
Chu (2000), gerçekleştirmiş olduğu çalışmada renk gideriminde alüm çamurunu koagülant olarak kullanmıştır. 75 mg/L alüm koagülantı ile %88 renk giderim verimi elde ederken 50 mg/L alüm ile birlikte 75 mg/L alüm çamurunun

koagülant olarak kullanılması ile %88 renk giderim verimi elde etmiştir. Başka bir araştırmacı ise [9] demir çamurunu koagülant olarak kullanarak tekstil endüstrisi atıksularından KOİ giderimi çalışmıştır. Kayranlı (2001), 2.000 ile 4.000 mg/L dozlarında demir çamuru kullanarak KOİ gideriminde demir çamurunun, demir üç klorür ve alüm koagülantları kadar etkili olduğunu bildirmiştir.

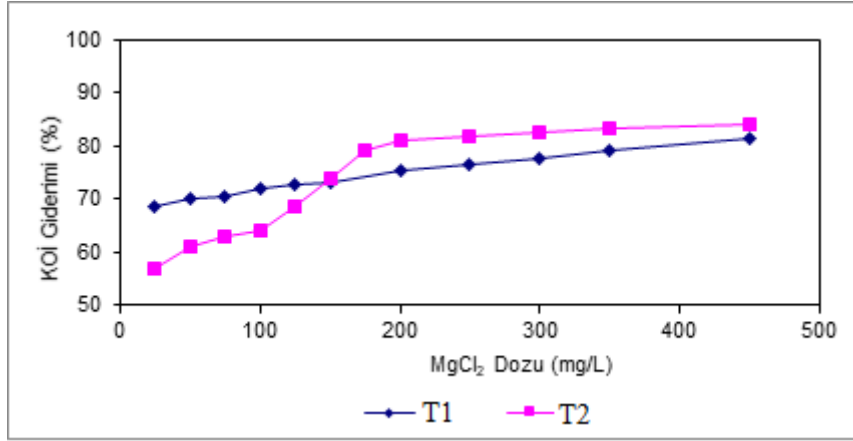
Bu çalışmada tespit edilen analiz sonuçları incelendiği zaman renk ve KOİ gideriminde alüm yerine daha düşük konsantrasyonlarda magnezyum klorür kullanılması ile yüksek verimlerde giderim sağlanabilmektedir (Tablo 8). T1 endüstrisi atıksuyunda 25 mg/L magnezyum klorür kullanılması ile % 97,45 renk giderimi ve T2 endüstrisi atıksuyunda ise % 91,4 renk giderimi değerine ulaşılmıştır. T1 endüstrisi atıksuyu için 450 mg/L koagülant dozuna ulaşıldığında ise renk giderim verimi yaklaşık olarak %1.5 değerinde artmıştır. T2 endüstrisine ait atıksuda 125 mg/L koagülant değerinde %8 değerinde bir artış sağlanmıştır. Şekiller 6 ve 7’de tekstil endüstrisi atıksularında artan koagülant dozlarına karşı sırası ile renk ve KOİ giderim verimlerinin değişimleri yer almaktadır.

Tablo 8. Magnezyum Koagülasyonu ile Tekstil Atıksularından Renk ve KOİ Giderim Verimleri

Magnezyum klorür Dozu (mg/L)	T1		T2	
	Renk Giderimi (%)	KOİ Giderimi (%)	Renk Giderimi (%)	KOİ Giderimi (%)
0	0,00	0,00	0,00	0,00
25	97,45	68,71	91,40	57,05
50	97,91	69,92	96,42	60,99
75	98,00	70,53	96,85	62,84
100	98,27	72,04	98,28	64,23
125	98,36	72,59	99,00	68,54
150	98,54	73,20		73,86
200	98,72	75,44		79,34
250	98,82	76,35		80,96
300	98,91	77,68		81,88
350	99,00	79,32		82,73
450	99,00	81,38		83,27



Şekil 6. Magnezyum Koagülasyonu ile tekstil Atıksularından Renk Giderimi



Şekil 7. Magnezyum Koagülasyonu ile Tekstil Atıksularından KOİ Giderimi

SONUÇ

Alüm kullanılması ile en yüksek renk giderimi %95,93 ile DB71 boyasında ulaşılrken, en düşük renk giderim verimi %32,08 ile BB41 boyar maddesinde tespit edilmiştir. Magnezyum klorürün koagülant olarak kullanılmasıyla en yüksek renk giderimi %99,63 ile DB71 boyar maddesinde gözlenirken en düşük renk giderimine ise %92,16 ile RB29 boyar maddesinde ulaşılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiği zaman BB41 ve BB3 boyar maddelerinde araştırmacılar tarafından herhangi bir renk giderimi gözlenmezken bu çalışmada aynı boyar maddeler için magnezyum klorür ile sırasıyla %96,7 ve %93,55 renk giderimi elde edilmiştir. Ayrıca, magnezyum klorür koagülasyonunda pH 11,5 değerinde tespit edilen renk giderim verimlerinin pH 11 değerinde gerçekleştirilen koagülasyon işlemine göre %5 daha yüksek olarak tespit edilmişken KOİ giderim sonuçlarının aynı kaldığı gözlenmiştir.

Adana ilinde faaliyetini sürdüren iki tekstil firmasından temin edilen üretim atıksularına koagülant olarak alüm kullanılması ile gerçekleştirilen koagülasyon-flokülasyon çalışmasında tespit edilen renk verimleri T1 ve T2 endüstrisine ait atıksu için sırası ile %96,8 ve %97,13 olmuştur. T1 ve T2 endüstrileri atıksuları için KOİ giderim verimleri ise sırası ile %75,02 ve %70,24 olarak hesaplanmıştır. Renk giderim verimleri koagülant olarak Magnezyum klorür kullanıldığında T1 ve T2 endüstrisi atıksuları için %99 olurken KOİ giderim verimleri T1 ve T2 tekstil atıksuları için sırasıyla % 81,3 ve % 83,27 olarak tespit edilmiştir.

Tekstil endüstrisi atıksularında alüm ile elde edilen en düşük KOİ giderim verimi % 56,28 ile T1 atıksuyunda gözlenirken en yüksek KOİ giderim verimi % 75,02 ile yine T1 atıksuyunda gözlenmiştir. Koagülant olarak magnezyum klorür kullanıldığında ise en düşük KOİ giderim verimi %57,05 ile T2 atıksuyunda tespit edilirken en yüksek KOİ giderim verimi %83,27 ile T2 atıksuyunda bulunmuştur. Tekstil atıksularında magnezyum klorür ile yapılan renk giderimi çalışmalarında tespit edilen en düşük renk giderimi T2 atıksuyunda %91,4 ve en yüksek renk giderimi ise her iki atıksu içinde %99 olarak tespit edilmiştir.

Araştırma neticesinde bazik (katyonik) boyar maddelerin magnezyum klorürün koagülant olarak kullanılması neticesinde renk giderim verimlerinin %93'ün üzerinde olduğu ve diğer koagülantların kullanılması ile elde edilen değerlerden önemli seviyelere varan farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, benzer niteliklerde boyar madde içeren atıksularda renk giderim prosesinde magnezyum klorür hem renk hem de KOİ gideriminde daha etkili bir koagülant olarak öne çıkarmaktadır.

KAYNAKLAR

Cinar, O., Demiroz, K., (2010). Biodegradation of azo dyes in anaerobic-aerobic sequencing batch reactors. In: Atacag Erkurt, H. (Ed.), Biodegradation of Azo Dyes, Handbook of Environmental Chemistry, vol. 9. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, pp. 59–72.

Gadekar M.R., Ahammed M.M., (2016). Coagulation/flocculation process for dye removal using water treatment residuals: modelling through artificial neural networks. Desalination and Water Treatment, 1-9.

Gao, B.Y., Yue, Q.Y., Wang, Y., Zhou, W.Z., (2007). Color removal from dye-containing wastewater by magnesium chloride. Journal of Environmental Management 82,167-172

Hai, F.I., Yamamoto, K., Fukushi, K., (2007). Hybrid treatment systems for dye wastewater. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 37, 315-377.

Kayranli, B., (2011). Adsorption of textile dyes onto iron based waterworks sludge from aqueous solution; isotherm, kinetic and thermodynamic study. *Chemical Engineering Journal*, 173, 782-791.

Li H., Liu S., Zhao J., Feng N., (2016). Removal of Reactive Dyes from Wastewater Assisted with Kaolin Clay by Magnesium Hydroxide Coagulation Process. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 222-227.

Marmagne, O., Coste, C., (1996). Colour removal from textile plant effluents. *American Dyestuff Reports* 85,15-21.
Pala, A., Tokat, E., 2002. Color removal from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives. *Water Research* 36 (11), 2920-2925.

Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri, L.S., (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington.

Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., Nigam, P., (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with proposed alternatives. *Bioresource Technology* 77, 247-255.

Verma, A.K., Dash, R.R., Bhunia, P., (2012). A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters, *Journal of Environmental Management*, 93, 154-168.

Wong P.W., Teng T.T., Norulaini N.A.R.N., (2007). Efficiency of the Coagulation-Flocculation Method for the Treatment of Dye Mixtures Containing Disperse and Reactive Dye. *Water Quality Research*, 42.1.54-62.