

**ATIK SULARDAKİ TEKSTİL BOYARMADDELERİ
RENGİNİN DEVRETTİRİLEN KOAGÜLANT
(CaO - MgCO₃) İLE GİDERİLMESİ**

İ.T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜNCE

“DOKTOR”

Ünvanının verilmesi için kabul edilen tezdır.

Yük. Müh. Abdürrezzak BOZDOĞAN

Tezin Fen Bilimleri Ens. Verildiği Tarih : 22.8.1983

Tezin Müdafaa Edildiği Tarih : 12.1.1984

Doktorayı Yöneten Öğretim Üyesi : Doç. Dr. Halit GÖKNİL

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cevdet AYDOĞAN

Doç. Dr. Mehmet KARPUZCU

T. C.

**Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi**

OCAK 1984

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
SUMMARY	IV
SEMBOLLER	IX

BÖLÜM I

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM II

2. TEKSTİL BOYARMADDELERİ	3
2.1. Boyarmaddelerin Sınıflandırılması	3
2.2. Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma	3
2.2.1. Küpe (Indantren) Boyarmaddeleri	3
2.2.2. Dispers (Palanil) Boyarmaddeleri	4
2.2.3. Reaktif Boyarmaddeler	4
2.2.4. Direkt Boyarmaddeler	5
2.2.5. Asit Boyarmaddeler	6
2.2.6. Bazık Boyarmaddeler	6
2.3. Tekstil Elyafının Boyanması	7

BÖLÜM III

3. KOAGÜLASYON	9
3.1. Kolloidlerin Stabilitesi	9

3.1.1. Yüzey Yükünün Orijini	10
3.1.2. Yüzey Yükünün Etkisi	11
3.1.3. Elektriksel Çift Tabakanın İç Kısmı	12
3.1.4. Elektriksel Çift Tabakanın Diffüze Kısmı..	14
3.1.4.1. Varsayımlar	14
3.1.4.2. Yüklü Yüzeyden Uzaklığa Bağlı Olarak Potansiyel Dağılımı	15
3.1.4.3. Çift Tabakanın Kalınlığı	16
3.1.4.4. Çift Tabaka Üzerine İyonik Şiddetin Etkisi	17
3.1.4.5. Zıt Yüklü İyonların Yapısının Etkisi	17
3.1.5. Toplam Çift Tabaka İçin Stern Modeli	18
3.1.6. Çift Tabakaya Göre Kolloid Stabilitesi ...	19
3.1.6.1. Kolloidal Parçacıklar Arasın- daki Potansiyel Enerji	19
3.2. Destabilizasyon Mekanizmaları	25
3.2.1. Çift Tabakanın Sıkışması	25
3.2.2. Adsorbsiyon	29
3.2.3. Çökelti Ağı İçine Alma (Enmeshment in a precipitate)	30
3.3. Tekstil Atık Sularından Rengin Giderilmesi İle İlgili Çalışmalar	31

BÖLÜM IV

4. TEKSTİL ATIK SULARINDAKİ BOYARMADDELERİN MAGNEZYUM KARBONAT-KALSİYUM OKSİT İLE KOAGÜLASYONU	44
4.1. Materyal ve Metod	44
4.1.1. Araç ve Gereç	45
4.1.1.1. Kullanılan Boyarmaddeleler	45
4.1.1.2. Seçilen Koagülant	45
4.1.1.3. Kullanılan Aletler	46
4.1.1.3.1. Spektrofotometre	46
4.1.1.3.2. Kavanoz Aleti ve Tek Karıştırıcı	46
4.1.1.3.3. Magnetik Karıştırıcı, Santrifüj ve pH Metre	47

4.1.2. Magnezyum Karbonat-Kalsiyum Oksit İle Koagülasyonun Kimyasal Esasları	47
4.1.3. Deney Metodu	50
4.1.3.1. Deneylerin Yapılışı	51
4.2. Deney Neticeleri ve Münakaşası	54

BÖLÜM V

5. SONUÇLAR	75
EKLER	77
REFERANSLAR	107
HAL TERCÜMESİ	110

ÖZET

Bu çalışmada, atık sularındaki tekstil boyarmaddelerinin renginin klasik metal koagülanlarla tasfiyesinde ortaya çıkan problemlerin çözümü ve bu boyarmaddelerin renginin, ucuz, temini kolay koagülanlarla ekonomik olarak tasfiyesi ve yeni koagülasyon metodlarının geliştirilmesi amacıyla araştırmalar yapılmıştır.

Birinci bölümde, çalışmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, deneylerde kullanılan boyarmaddelerin yapıları ve boyama özellikleri belirtilmiştir. Tekstil elyafları sınıflandırılarak, bu elyafların boyanmasıyla ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, tekstil boyarmaddelerinin koagülasyonu ile ilgili olarak, kolloid stabilitesi ve stabilizeye etki eden faktörler, elektriksel çift tabaka için Gouy-Chapman ve Stern modelleri incelenmiştir. Çift tabakada potansiyel enerji dağılımı, çift tabakanın kalınlığı, çift tabaka üzerine iyonik şiddetin ve zıt yüklü iyonların etkileri belirtilmiş ve çift tabaka modelinin kolloid stabilitesine uygulanmasıyla ilgili Verwey-Overbeek modeli incelenmiştir. Koagülasyonu sağlayan çift tabakanın sıkışması, adsorbsiyon ve çökelti ağı içine mekanizmaları açıklanmıştır.

Tekstil atık sularından rengin giderilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar, kullanılan maddeler, uygulanan metodlar ve elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

Dördüncü bölümde, kullanılan boyarmaddeler, seçilen koagülanlar, araç ve gereçler hakkında bilgiler verilmiştir. (CaO-MgCO_3) ile koagülasyonun teorik esasları belirtilmiştir.

Indantren Grey-GG Colloisol, Indantren Orange RR-Colloisol, Palanil Brilliant Blue BGF, Palanil Rubine BN, Basilen Yellow

M-2R, Basilen Turquoise M-2G, Reaktif Mavi 114, Reaktif Kırmızı 124, Direkt Orange 107, Direkt Siyah 117, Asit Mavi 40, Asit Sarı 17, Bazik Kırmızı 41, Bazik Kırmızı 2L boyarmaddelerinin (CaO-MgCO_3) ile koagülasyonu, etkili koagülasyon mekanizmaları, koagülantın geri kazanılması ve devrettirilmesiyle ilgili araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla her boyarmaddenin MgCO_3 ve CaO ile ayrı ayrı, CaO dozajını 250 mg/lt de sabit tutup MgCO_3 dozajını değiştirerek, MgCO_3 ve CaO i stökiyometrik oranlarda kullanarak koagülasyonu incelenmiştir. Bu deneylerin sonunda en iyi renk uzaklaştırma verimi ($\text{MgCO}_3\text{-CaO}$) in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı deneylerde elde edilmiş ve bu koagülant konsantrasyonları arasından geri devir için optimum dozaj tayin edilmiştir. Bu deneylerde koagülantlarla boyarmadde tanecikleri arasındaki reaksiyonlarda safsızlıklardan dolayı meydana gelebilecek etkileşimleri ortadan kaldırmak için saf su kullanılmıştır.

Musluk suyu ile hazırlanan boyarmadde çözeltisinin belirlenen geri devir dozajında ($\text{MgCO}_3\text{-Ca(OH)}_2$) kullanılarak yapılan ön deneyden elde edilen çökeltili ile on defa geri devir deneyleri yapılmış geri kazanılan ve devrettirilen koagülantın boyarmaddenin koagülasyonunda etkinliği araştırılmıştır. Koagülantın geri kazanılmasında CO_2 , devrettirilmesinde %88 lik Ca(OH)_2 kullanılmıştır.

NaOH ilavesiyle pH'sı yükseltilen ($\text{pH} \geq 11$) boyarmadde çözeltisinin devrettirilen koagülant ile beş defa geri devir deneyleri yapılarak, bu koagülantın yüksek pH'lı boyarmadde çözeltilerinin koagülasyonunda etkinliği araştırılmıştır.

Aynı tür boyarmaddenin başka bir rengi ile hazırlanan çözeltinin NaOH ilavesi ile pH sı yükseltilmiş ($\text{pH} \geq 11$) ve devrettirilen koagülant ile beş defa geri devir deneyleri yapılarak, bu koagülantın boyarmaddenin başka bir rengini gidermedeki etkinliği araştırılmıştır.

Boyarmaddelerin hepsinin karıştırılmasıyla hazırlanan çözeltinin NaOH ilavesiyle pH'sı yükseltilmiş ($\text{pH} \geq 11$) ve devrettirilen koagülant ile beş defa geri devir deneyleri yapılarak bu koagülantın boyarmaddelerin karışımının koagülasyonunda etkinliği araştırılmıştır.

Deney neticeleri verilerek, değerlendirilmesi yapılmış ve boyarmaddelerin karışımının koagülasyonunda elde edilen sonuçlar

III

esas alınarak koagölasyon masrafı ile ilgili hesaplar yapılmıştır.

Beşinci bölümde elde edilen sonuçların kritiği yapılmıştır.



SUMMARY

Textile mills discharged highly colored wastewaters. The discharge of highly colored waste not only is aesthetically displeasing, but also impedes light penetration, thus upsetting biological processes and productivity within a stream. In addition, many dyes may be toxic to some organisms and may cause direct destruction of aquatic communities.

Biological treatment processes are largely ineffective for removing color from the waste. Consequently, treated waste effluents may contain appreciable amounts of color when discharged.

Treatment technology includes biological treatment, filtration and chemical coagulation. The coagulation process will be the primary mechanism responsible for color removal.

Considerable research has been done on the removal of color from textile waste effluents. These studies involved the use of conventional metal coagulants, such as alum, lime, ferric sulfate, ferrous sulfate, ferric chloride, calcium chloride, sodium aluminate. In most cases, coagulation has been effective in removing color. The large volume of sludge produced must be disposed of. Disposing of the sludge is extremely difficult and costly. Treatment processes wastes are recognized today as an industriewide pollution problem that must be solved.

The principal needs are to find effective and economical means to dispose of water treatment of sludge. In answer to these needs, an entirely new system has been used utilizing calcium oxide-magnesium carbonate as the coagulants. Magnesium carbonate can be removed from the precipitated sludge and recycled through the process. This recoverability may significantly reduce the chemical costs and sludge disposal problems.

The purpose of this study was to investigate the use of

calcium oxide-magnesium carbonate for color removal from textile dye waste, recoverability of coagulant and effective coagulation mechanisms.

Coagulation with (CaO-MgCO_3) can occur by three different mechanisms. One mechanism is the precipitation of magnesium hydroxide. The $\text{Mg}(\text{OH})_2$, a gelatinous precipitate, aggregates colloidal particles and sweeps them out of suspension. Two other mechanisms are double layer compaction and adsorption. Precipitation of $\text{Mg}(\text{OH})_2$ is the preferred mechanism because it can be accomplished at the magnesium carbonate dosages under proper conditions. Precipitation is enhanced at pH values above 10.56; thus, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ is used to raise and sustain the pH during coagulation. The addition of sufficient $\text{Ca}(\text{OH})_2$ to a solution, containing MgCO_3 , precipitates $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and CaCO_3 , carbonation of the sludge selectively solubilizes the magnesium as $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ and magnesium can be recycled. Recovery of magnesium is achieved by reducing the pH = 7.0 and dissolving the $\text{Mg}(\text{OH})_2$. The CO_2 is used to reduce pH.

The solubilized $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ can be returned to the coagulation process and precipitate by the addition of more $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

In this study, MgCO_3 recovery and recycle has been repeated by continued application of the principle presented.

Precipitation of $\text{Mg}(\text{OH})_2$ requires the combined use of CaO and MgCO_3 . However, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and MgCO_3 are capable of serving as coagulants. It is also desirable to study the effectiveness of the individual chemicals for coagulating textile dyes. Consequently, separate CaO and MgCO_3 jar tests were conducted.

CaO dosage was fixed at 250 mg/lit and MgCO_3 dosage was increased. This CaO dosage was found to be sufficient to maintain a pH above 11.0 during coagulation.

MgCO_3 and CaO dosages were used together at stoichiometric ratio.

Much higher color removal were achieved when MgCO_3 and CaO are used together at the stoichiometric ratio.

VI

In these tests, distilled water was used. Because impurities in the solution can be influenced the reactions between the chemicals and the dye particles.

The feasibility of recovering magnesium carbonate following coagulation and reusing this material to treat subsequent waste samples was investigated. For this purpose, recovery and recycle tests were made ten times at the selected coagulant dosages.

The pH of the solution was raised above 11.0 by adding 200 mg NaOH to 1 lt of solution. Recovery and recycle tests were made five times at the selected coagulant dosages. These tests were conducted for the other color of the dye at the pH values above 11.0.

Textile dyes were mixed and pH of this solution was raised by adding 200 mg of the NaOH to 1 lt of solution. Coagulant recovery and recycle tests were made five times at the selected coagulant dosages.

Laboratory tests were made on fourteen different dyes. Stock solutions were prepared by adding 75 mg of dye to 1 lt of distilled water.

The optimum dosages of reactants required for color removal were determined by a jar test. One litre beaker, containing 800 ml of dye solution, was placed on a jar test apparatus. The desired dosage of $MgCO_3$ in the form of a 100 ml solution, was added to the jars and mixed for four minutes at a stirring speed of 100 rev/min. when CaO was used together, this was followed by the addition of CaO. Six minutes were allowed for the addition and rapid mixing of the reactants at a stirring speed of 100 rev/min. The solution were then allowed to flocculate at 45 rev/min for 30 minutes.

After the flocculation period, the samples were allowed to settle for two hours (one hour at recycle studies) and then an aliquot of supernatant was pipetted from 3 cm below the surface of the each jar and analyzed for absorbance. The characteristic wavelength for each dye was determined by running a scan of the dye on a Double-Beam UV-150-02 model spectrophotometer and determining the wavelength of maximum absorbance.

VII

This wavelength was used for all absorbance readings. Percentage of color removal was calculated by comparing the absorbance values for the solution after treatment to the absorbance value for the original dye stock solution.

The recycle studies began with the coagulation using MgCO_3 and Ca(OH)_2 (%88 pure) at the selected dosages at the stoichiometric ratios. After settling, approximately 90 of the supernatant was siphoned off jar, and the remaining volume, which contained the precipitated Mg(OH)_2 sludge, was placed on a magnetic stirrer for recarbonation. The sludge was mixed for 1 minute. Carbon dioxide gas was bubbled into the sludge until a pH of approximately 7.0 was reached, at which point all the Mg(OH)_2 should have been dissolved. CO_2 was produced from the reaction between the CaCO_3 and HCl .

Neither calcium oxide nor magnesium carbonate proved effective in removing color when used alone. However, calcium oxide was relatively effective for the Acid Blue 40 and Basic Blue 2L dyes.

Much higher color removals were achieved when magnesium carbonate and calcium oxide were used together as stoichiometric. These results suggest that Mg(OH)_2 precipitation was responsible. For these result, it was concluded that the effective coagulation mechanism was enmeshment in a precipitate mechanism.

In the recycle studies, for the treatment of Indantren Grey GG Colloisol dye color removal of %98-99.8 and %99.6-99.8 (at high pH), for the treatment of Indantren Orange RR-Colloisol dye color removal of %99.8-99.8, for the treatment of Palanil Brilliant Blue BGF dye, color removal of %99.6-99.8 and %99.4-99.6, for the treatment of Palanil Rubine BN dye, color removal of %98.5-98.6, for the treatment of Basilen Yellow M2R dye, color removal of %88-89 and %95.8-96.0, for the treatment of Basilen Turquoise M-2C dye, color removal of %99.3-99.6, for the treatment of Reactif Blue 114 dye, color removal of %92.0-93.2 and %98.4-99.6, for the treatment of Reactif Red 124 dye, color removal of %98-99, for the treatment of Direct Orange 107 dye, color removal of %99.4-99.9 and %99.8-99.9, for the treatment of Direct Black 117 dye, color removal of %99.8-99.9, for the treatment of Acid Blue 40 dye, color removal of %97.5-98.0, and %59-58.8, for the treatment of Asit Orange 19 dye, color removal

VIII

of %40, for the treatment of Basic Red dye, color removal of %56.2-56.6 and %45.2-45.0, for the treatment of Basic Blue 41 dye, color removal of %99.4-99.5, for the treatment of mixed dyes, color removal of %99.4-99.8 were obtained.

The high natural pH of the dye wastes from the textile mill made it ideally suited to magnesium carbonate-calcium oxide treatment. Various coagulants such as alum, lime and iron salts have historically been used for treatment of textile dye waste. The results of this study indicate that the stoichiometric ($\text{MgCO}_3\text{-CaO}$) sistem is a viable alternative to some of the more conventional forms of chemical treatment.

IX

SEMBOLLER

- a : Kürenin yarıçapı (cm)
- A : Hamaker sabiti
- B : Sabit ($= 4,36 \times 10^{20} \text{ A}^{-2} \text{ S}^{-2}$)
- C_O : Elektrolit çözelti konsantrasyonu (mol/lt)
- e : Elektron yükü ($= 1,6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$)
- E : İç enerji (Cal.)
- H : Küreler arası en kısa mesafe (cm)
- I : İyonik şiddet (mol/lt)
- k : Boltzmann sabiti
- K : Debye-Huckel karşılıklı uzunluk parametresi (cm^{-1})
- K_ç : Çözünürlük sabiti
- K_k : Kritik konsantrasyon (mg/lt)
- K_{sk} : Kritik stabilizasyon konsantrasyonu (mg/lt)
- n : İyon sayısı
- N : Avogadro sayısı ($= 6,03 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)
- S : Kürelerin merkezleri arasındaki uzaklık/Kürelerin yarıçapı
- T : Mutlak sıcaklık (°K)
- V_A : Çekme potansiyel enerjisi (Cal.)

V_m : Çözücünün molar hacmi (lt/mol)

V_R : İtme potansiyel enerjisi (Cal.)

z : İyonun değeri

δ : Stern tabakasının kalınlığı (cm)

ϵ : Geçirgenlik ($= 7,08 \times 10^{-12}$ Coulomb/Volt.cm)

μ : Kimyasal potansiyel enerji (Cal.)

ζ : Zeta potansiyeli (Volt)

σ : Çift tabakanın diffüze kısmının net yük yoğunluğu (Coulomb)

σ_0 : Parçacık yüzeyindeki yük yoğunluğu (Coulomb)

$\emptyset$: Kimyasal kuvvetlerin mol başına adsorbsiyon enerjisi (kCal./mol)

ψ : Stern düzleminde x uzaklığındaki potansiyel (Volt)

ψ_δ : Stern potansiyeli (Volt)

ψ_0 : Nernst potansiyeli (Volt)

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Sanayinin gelişmesiyle birlikte toprak, hava ve özellikle su kaynakları kirletilmekte, tabii denge bozulmaktadır.

Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de ilk kurulan ve halâ en büyük endüstri, tekstil endüstrisidir. Bu endüstri dalındaki fabrikalardan çıkan renkli atık suların, herhangi bir tasfiyeye tabî tutulmadan akarsulara ve denizlere verilmesi, sadece estetiği bozmakla kalmayıp, sulardaki biyolojik faaliyetleri engellemekte ve hatta bazı organizmalara zehirleyici etki yaparak, onların ölümüne sebep olmaktadır(1),(2).

Bundan dolayı çok renkli, BOI ve askıdaki katı madde konsantrasyonları yüksek olan tekstil atık sularının standartlara uygun hale getirildikten sonra alıcı ortama verilmesi gerekmektedir. Havalandırma havuzları ve klasik aktif çamur prosesleri gibi biyolojik tasfiye işlemleri, BOI ve askıdaki katı maddelerin giderilmesinde genel olarak etkili olmakla beraber, rengin uzaklaştırılmasında yeterli olamamaktadır. Uygulanan kimyasal tasfiye işlemleri içinde en etkili olanı koagülasyondur. Zira çok küçük kolloidal yapıya sahip olan boyarmadde taneciklerini başka işlemlerle gidermek oldukça zordur.

Tekstil atık sularından koagülasyon ile rengin giderilmesi konusunda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda alüminyum sülfat, demir-3-sülfat, demir-2-sülfat, demir-3-klorür, kalsiyum klorür, sodyum alüminat gibi klasik metal koagülantlar kullanılmıştır. Bu koagülantlar birçok durumlarda rengin uzaklaştırılmasında etkili olmalarına rağmen, yüksek dozajda kullanılmaları, koagülasyon sonunda büyük miktarda çamurun meydana gelmesine sebep olmakta ve bu çamurun da uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu koagülantlar düşük ve belirli pH değerlerinde etkili olduklarından, tekstil fabrikalarından çıkan yüksek pH'lı atık suların çeşitli maddeler ilavesiyle pH'larının düşürülerek uygun

hâle getirilmesi gerekmektedir. Bunlar ise koagülasyon maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada tekstil atık sularının yukarıda belirtilen klasik metal koagülantlarla tasfiyesinde ortaya çıkan problemlerin çözülmesi ve ülkemizde bu sahadaki kirliliğin ucuz, temini kolay ve yerli kaynaklardan elde edilen koagülantlarla ekonomik olarak tasfiyesi araştırılmıştır. Tekstil endüstrisinde elyafların boyanmasında kullanılan boyarmaddelerin kalsiyum oksit-magnezyum karbonat ile koagülasyonu incelenerek, bu koagülantların ayrı ayrı ve birlikte kullanılmaları halinde renk uzaklaştırma verimleri, her durumda etkili olan koagülasyon mekanizmaları araştırılmıştır. Tekstil atık sularının klasik metal koagülantlarla tasfiyesindeki mevcut problemlerin çözümünde, koagülantın geri devrettirilmesinin önemli bir alternatif olabileceği düşünülmüştür. Bu gayeyle magnezyumun çökelen çamurdan yeniden kazanılması ve geri devrettirilmesinin teorik esasları verilmiş ve deneysel açıklamaları yapılmıştır. Koagülantın yeniden kazanılmasında bir atık gaz olan karbondioksit, geri devrettirilmesinde ucuz bir madde olan kalsiyum hidroksit kullanılmıştır. Bununla birlikte koagülantın yüksek pH'lı tekstil atık sularının tasfiyesinde verimliliği araştırılmış ve tasfiye maliyeti hesapları yapılmıştır.

BÖLÜM II

2. TEKSTİL BOYARMADDELERİ

2.1. BOYARMADDELERİN SINIFLANDIRILMASI

Boyarmaddeler ya kimyasal yapılarına veya boyama özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Bu iki sınıflandırma şekli arasında çok az ilişki vardır. Misâl olarak kimyasal yapı bakımından büyük bir grubu meydana getiren azo boyarmaddeleri, boyama özelliklerine göre yapılan sınıflamada her grupta yer alır(3). Bir boyacı herşeyden önce boyarmaddenin boyama özellikleri bakımından hangi gruba girdiğiyle ilgilenir. Kimyasal yapı onun için önemli değildir.

2.2. BOYAMA ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLAMA

2.2.1. Küpe (Indantren) Boyarmaddeleri

Küpe boyarmaddeleri moleküllerinde halkaya bağlı en az iki oksijen atomu ihtiva eden renkli bileşiklerdir.

Küpe boyarmaddeleri indigo, tioindigo ve bunların türevleri ile yapıları bakımından bunlara benzeyen indigoid boyarmaddeler ile antrakınon ve kinonlardan türeyen antrakinoid boyarmaddeler olmak üzere iki gruba ayrılır(4)(5).

Boyamada kullanılan küpe boyarmaddeleri iri, ince ve çok ince toz halinde bulunur. Son zamanlarda donmaya karşı dayanıklı, kurumayan, çökelmeyen, dispersiyon haline getirilmiş sıvılarda geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır.

Küpe boyarmaddeleri başlıca selülozik elyafın ve kısmen de protein elyafın boyamasında ve baskısında kullanılır(6),(7). Bu boyarmaddeler selülozik elyaf tarafından kuvvetle absorblanır. Işığa, yıkamaya, sırtünmeye karşı mukavemetleri yüksektir.

2.2.2. Dispers (Palanil) Boyarmaddeler

Dispers boyarmaddeler amino ve hidroksil grupları ihtiva eden, düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Boyama esnasında, elyaf ile boyarmaddedeki amino ve hidroksil grupları arasında hidrojen bağları meydana gelmekte ve dolayısıyla van der Waals kuvvetleri önemli rol oynamaktadır.

Poliester elyaf hidrofob özellik gösterdiğinden büyük moleküllü boyarmaddeler elyaf içine kolay nüfuz edemezler. Bundan dolayı poliesterin boyanmasında en çok kullanılan boyarmaddeler dispers boyarmaddelerdir(6).

Dispers boyarmaddelerin dengede iken elyaf üzerine çekilmesi gayet iyidir. Fakat elyaf içine diffüzyon oldukça yavaştır. Öyle ki dengeye varmak için gerekli olan zaman çok fazla olduğundan bu şartlar altında boyama pratik değildir. Normal basınç altında çalışan ve maksimum 100°C da ısınan cihazlarda poliesterin ancak difüzyon hızı yüksek olan küçük moleküllü dispers boyarmaddelerle açık ve orta şiddetteki renklerle boyanması mümkündür.

2.2.3. Reaktif Boyarmaddeler

Reaktif boyarmaddeler kromoforu taşıyan renkli bir grup, bir reaktif ve moleküle çözünürlük sağlayan bir grup ihtiva eder. Selülozun hidroksil grubu ile boyarmadde arasındaki reaksiyon, reaktif gruba bağlı olarak, ya selüloz ester, ya da selüloz eteri meydana getirir(8).

Bu boyarmaddeler elyaf ile kimyasal reaksiyona girerek kovalent bağ meydana getirdiklerinden elde edilen boyamanın yıkamaya karşı mukavemeti oldukça yüksektir.

Reaktif boyarmaddeler selülozik elyafın boya ve baskısının da kullanılan çok önemli bir boyarmadde grubudur. Ayrıca çok fazla olmamakla beraber yün, ipek, naylon ve deri boyamada da kullanılır. Bu boyarmaddelerin bütün renk serisi tamdır. Renkler çok parlaktır. Ayrıca bu boyarmaddeler soğukta bekletme metoduyla boyayabilir. Bu sayede büyük enerji tasarrufu sağlanır. Reaktif boyarmaddelerin molekülleri küçük olduğundan elyaf içine difüzyon hızları büyüktür. Bu da reaksiyonun hızla tamamlanmasına neden olur. Piyasadaki reaktif boyarmaddeler verim, çözeltideki stabilite, özel şartlar altında boyarmadde/elyaf bağının dayanıklılığı bakımından çok farklıdır.

2.2.4. Direkt Boyarmaddeler

Bunlar genellikle sülfonik asitlerin, bazen de karboksilli asitlerin sodyum tuzlarıdır. Yani renkli kısmı oluşturan iyon anyon şeklindedir. Pek çoğu yapı bakımından azo boyarmaddeleri grubuna girer. Selülozik elyafa doğrudan doğruya bağlanabilirler.

Direkt boyarmaddelerin selülozik elyafa bağlanmasında, boyarmaddelerin elyaf üzerine yaklaşmasından sonra, boyarmaddelerin elyaf üzerine çekilebilmesi için, elyaf yakınlarında konsantrasyonlarının çok büyük olması gerekir. Bu da ancak boyarmadde kümelerinin meydana gelmesiyle mümkündür. Boyarmadde molekülleri van der Waals kuvvetleri ile hidrojen bağları sayesinde kümeleşirler. Aynı kuvvetler elyaf ile boyarmadde arasındaki bağın meydana gelmesinde de rol oynar. Boyarmadde molekülleri elyafın mikroskopla görülemeyecek kadar küçük olan kanallarına difüze edilir. Direkt boyarmaddeleri boyama özellikleri bakımından üç gruba ayırmak mümkündür. Birincisi, migrasyon (göç etme) gücü yüksek olan boyarmaddelerdir. Kaynatma esnasında bu boyarmaddeler konsantrasyonun yüksek olduğu yerlerden, düşük olduğu yerlere kolayca göç edebilirler. İkincisi, migrasyon gücü az olan boyarmaddelerdir. Bunlar kendi kendilerine düzgün bir şekilde dağılmazlar. Tuz ilavesiyle düzgün bir şekilde dağılmaları sağlanır. Üçüncüsü, migrasyon gücü olmayan, ancak sıcaklığın ayarlanmasıyla düzgün dağılmaları sağlanan boyarmaddelerdir.

Direkt boyarmaddeler ucuzlukları, boyama işlemlerinin çok basit oluşu ve boyama esnasında elyafın yıpranmaması gibi üstünlükleri nedeniyle önemlerini korumaktadırlar. Genellikle, selü-

lozik elyafın boyanmasında kullanılan bu boyarmaddelerin bazıları kağıt, deri, yün, ipek, naylon ve bast elyafın boyanmasında da kullanılır(9).

2.2.5. Asit Boyarmaddeler

Bunlar da direkt boyarmaddeler gibi sülfonik asitlerin veya çok ender olarak karboksilli asitlerin sodyum tuzları şeklindedir. Renkli bileşen boyarmadde anyonudur.

Asit boyarmaddeler protein elyafın boyanmasında kullanılan önemli bir boyarmadde sınıfıdır. Kimyasal yapı bakımından direkt boyarmaddelere benzeyenlerin birçoğu selülozu da gayet iyi boyar. Poliamid elyaf da kimyasal yapı bakımından proteinlere benzediğinden asit boyarmaddelere karşı ilgisi fazladır(10). Asit boyarmaddeler, yün-yaprak, şerit, iplik ve kumaş olmak üzere üretimin her basamağında boyanabilir. Boyanacak madde değiştiğinde boyama metodları da değişir.

2.2.6. Bazik Boyarmaddeler

Bunlar organik bazların klorürü veya asetat tuzları şeklindedir. Yani renkli kısım katyondur(8).

Sulu çözeltide bulunan boyarmadde katyonu elyafın anyonik gruplarıyla elyaf/boyarmadde tuzunu meydana getirir. Bu sebeple, protein ve anyonik poliakrilonitril elyafa karşı büyük ilgi göstermelerine karşılık, selülozik elyafa karşı ilgisiz davranırlar.

Bazik boyarmaddelerin en karakteristik özellikleri parlaklıkları ve renk şiddetleridir. Yün, ipek ve pamuk üzerinde ışığa ve yıkamaya karşı mukavemetleri çok düşüktür. Bugün reaktif boyarmaddelerle pamuk üzerinde fevkalâde parlak renkler elde edilebildiğinden, bazik boyarmaddeler pamuk boyacılığında önemini kaybetmiştir. Ancak poliakrilonitril üzerinde ışığa mukavemetleri iyi olduğundan, orlon boyanmasında geniş ölçüde kullanılır.

2.3. TEKSTİL ELYAFININ BOYANMASI

Tekstil endüstrisinde boyarmaddelerin uygulandığı elyaf-
lar genel olarak aşağıdaki gruplar halindedir(6).

A) Selülozik Elyaf

1. Pamuk
2. Bast Elyaf (Keten, Jüt, Kenevir)

B) Protein Elyaf

1. Yün
2. İpek

C) Poliamid Elyaf

1. Naylon

D) Poliester Elyaf

E) Poliakrilonitril Elyaf

1. Akrilik Elyaf
2. Modakrilik Elyaf

F) Karışım Elyaf

1. Pamuk/Viskon
2. Yün/Selülozik Elyaf
3. Yün/Tabii İpek
4. Yün/Asetat İpeği
5. Yün/Naylon
6. Yün/Viskon/Poliamid
7. Poliester/Selülozik Elyaf
8. Poliester/Yün
9. Poliester/Poliamid Elyaf
10. Poliester/(Poliakrilonitril Elyaf
11. Poliakrilonitril/Yün

Yukarıda belirtilen elyaf türleri ve bunların karışımla-
rının herbiri için uygulanan boyama metodları birbirinden fark-
lıdır.

Küpe boyarmaddeleri genellikle pamuğun, ketenin, polies-ter elyafın boyanmasında, önemini yitirmiş olmakla beraber yünün, ipeğin boyanmasında da kullanılmaktadır.

Dispers boyarmaddeleri poliamid elyafın (nylon), polies-terin ve poliakrilonitril elyafın boyanmasında kullanılmaktadır.

Reaktif boyarmaddeler pamuğun, ketenin, yünün boyanmasında, önemsiz olmakla beraber, ipeğin boyanmasında da kullanılmaktadır.

Direkt boyarmaddeler pamuğun, ipeğin, poliamid elyaf, poliakrilonitril elyaf ve jütün boyanmasında, önemsiz olmakla beraber yünün boyanmasında da kullanılmaktadır.

Asit boyarmaddeler jütün, yünün, ipeğin, poliamid elyafın boyanmasında kullanılmaktadır.

Bazık boyarmaddeler jütün, ipeğin, poliakrilonitrilin boyanmasında, daha önemsiz olarak pamuğun, yünün boyanmasında kullanılmaktadır.

BÖLÜM III

3. KOAGULASYON

Yüzey suları 10^{-7} mm ilâ 0.1 mm büyüklüğünde yani, birbirinden bir milyon defa farklı büyüklükte taneler ihtiva etmektedir. 0.1 mm büyüklüğündeki taneler sudan kolayca ayrılarak dibe çöker. Fakat, daha küçük çaptaki, çözünebilir maddeler ile askıdaki maddelerin kendi ağırlıklarıyla çökelmeleri çok yavaş olur. Bu gibi taneciklerin sudan çökmek suretiyle tasfiyesi için, pratik olarak ancak, bunların birbirleriyle birleştirilmeleri gerekir. Bu ise koagülasyonla sağlanır.

Su tasfiyesinde, kolloidal maddelerle, askı halindeki çok küçük taneciklerin çökmesini kolaylaştırmak için suya ilave edilen kimyasal maddelere koagülant denilmektedir. Koagülasyon ise, koagülantların suya ilâve edilişi ve etkili hale sokulmalarıyla, küçük tanelerin büyümesi, birbiriyle birleşmesi, ve böylece kolayca çökebilecek yumakların meydana gelmesi işlemidir.

3.1. KOLLOİDLERİN STABİLİTESİ

Kolloidlerin stabilitesi çok karmaşık bir olaydır. Kolloidler arasında etkili olan kuvvetlerin bir kısmı çekici, diğerleri itici kuvvetlerdir. Bu kuvvetler şartlardaki değişmelere bağlı olarak, değişik şekillerde etkili olmaktadırlar. (pH, sıcaklık, konsantrasyon v.s.). Verilen bir durumda, hangi kuvvetlerin etkili olduğunu anlamak için, kolloidal parçacıkları ve özellikle bu parçacıkların yüzeylerini incelemek gerekmektedir.

Kolloidler arasında mevcut olan kuvvetler: Van der Waals kuvvetleri, elektrostatik kuvvetler ve adsorbe olan makromoleküllerin meydana getirdiği kuvvetlerdir. Bunlardan başka, mag-

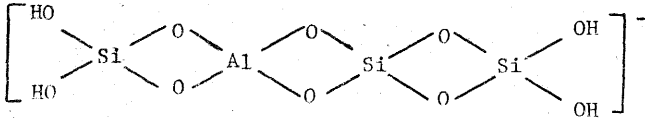
netik özellikli kolloidal parçacıklar birbirlerini magnetik olarak çekmekte veya iki kolloid arasında kimyasal bağlar meydana gelmektedir.

3.1.1. Yüzey Yükünün Orijini

Yüzey yükü aşağıda belirtilen şekillerde meydana gelebilir(11).

1. Yük, yüzeydeki kimyasal reaksiyondan meydana gelebilir. Birçok katı yüzeyler, $-OH$; $-COOH$; $-SO_3H$; $-NH_2$ gibi hemen iyonize olabilen fonksiyonel gruplar ihtiva ederler. Böyle yüzeyli parçacıkların yükü, iyonizasyon derecesine (proton transferi), netice olarak çözelti pH'ına bağlıdır. Düşük pH değerlerinde pozitif yüklü yüzey ve yüksek pH değerlerinde ise negatif yüklü yüzey etkili olmaktadır. Orta pH değerinde (izoelektrik nokta) yük sıfırdır.

2. Katı yüzeydeki kafes eksikliği, (lattice imperfection) yüzey yükünün meydana gelmesine sebep olabilir. Misal olarak, katı SiO_2 de tetrahedra bir Si atomu bir Al atomu ile yer değiştirirse (Al'un elektron sayısı Si'den bir elektron daha azdır) negatif olarak yüklü kafes meydana gelir.



3. Yüzey yükleri, katı parçacıkların üzerine iyonların adsorpsiyonu ile de meydana gelebilir. Bu tip reaksiyonu London-van der Waals kuvvetleri ve hidrojen bağı yapar.

3.1.2. Yüzey Yükünün Etkisi

Dağılmış parçacıklar üzerindeki yüzey yükü çözeltideki kendine yakın iyonların dağılımını etkiler. Zıt yüklü iyonlar (Counter-ions) parçacık yüzeyine doğru çekilirler ve aynı yüklü iyonlar (Co-ions) yüzeyden itilirler. Parçacık yükü ile çözelti içindeki yük birbirine eşittir. Fakat işaretleri ters-tir. Parçacık yükü ile zıt işaretli yük birlikte elektriksel çift tabakayı meydana getirirler.

Misal olarak, bir negatif yüzey ve karşı iyon olarak da Mg^{++} iyonu gözönüne alındığında, Mg^{++} iyonları üzerine üç kuvvet etki eder.

1. Yüzey tarafından elektrostatik olarak çekilirler. Bu faktör enerji tabiatlıdır ve her zaman mevcuttur.

2. Yüzey tarafından elektrostatik kuvvetlerden başka kuvvetler tarafından da çekilebilirler. Bu faktör her zaman etkili değildir. Bu faktörün varlığı yüzeyin ve iyonun yapısına bağlıdır. Bu spesifik bir etkileşimdir. Yani bu etkileşim her iyon ve her yüzey için farklıdır.

3. Termal hareketten dolayı bu iyonlar çözeltide düzgün bir şekilde dağılma temayülü gösterirler. Bu faktör entropi tiplidir ve o da her zaman etkilidir.

Elektriksel çift tabakanın genel olarak üç kısımdan meydana geldiği kabul edilmektedir.

- a) Yüzey tabakası
- b) İç bölge veya stern tabakası

Bu tabaka, yüzeyin spesifik etkileri altında bulunan ve yüzeye yeteri kadar yakın çözelti kısmıdır.

- c) Diffüze bölge veya Gouy-Chapman tabakası.

Bu tabaka yüzeyden yeteri kadar uzaktır ve spesifik etkiler ihmal edilebilir. Bu tabakada yukarıda bahsedilen (1) ve (2) faktörler etkilidir.

Elektriksel potansiyel, yerçekimi potansiyeline benzer. Fakat bu potansiyel elektriksel bir alan içinde düşünülür. Mîsâl olarak, bir negatif yükün etrafındaki elektriksel alanda, başka bir negatif yükün, önceki yükün yakınından daha uzağa hareket etmesi durumunda, yükün etrafında bir "elektriksel potansiyel" meydana gelir.

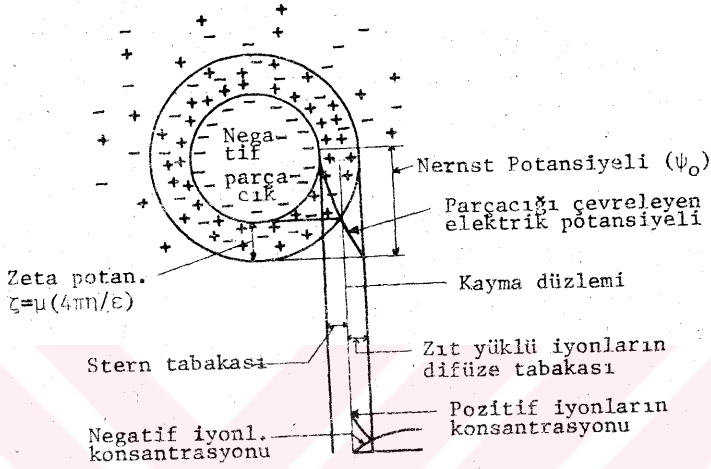
3.1.3. Elektriksel Çift Tabakanın İç Kısmı

Gouy ve Chapman tarafından ileri sürülen çift tabakanın diffüze kısmının tahlili, elektrolit çözeltisindeki yüklü bir nokta kabulüne dayanır(12). Bununla beraber Stern, iyonların sınırlı büyüklüğünün çift tabakanın diffüze kısmının iç kısmını sınırlayacağını kabul etmektedir. Çünkü bir iyonun merkezi, spesifik olarak adsorbe olmadan, yüzeye ancak kendi yarıçapı kadar yaklaşabilir. Stern, yüzeyden yaklaşık bir iyon yarıçapı uzaklıkta bulunan bir düzlemle (Stern düzlemi) iki kısma ayrılan bir çift tabaka modelini kabul etmiştir (Şekil 3.1 ve 3.2). Adsorbe olan iyonlar, katı yüzeyi yönünde dehidrate olabilirler. O zaman bu iyonların merkezleri katı yüzey ve Stern düzlemi arasında olacaktır.

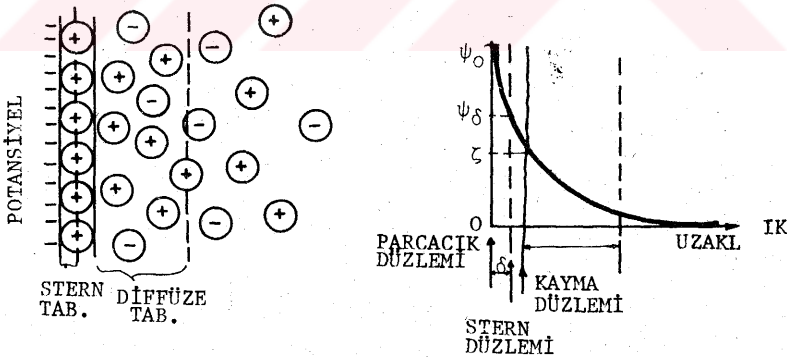
Merkezleri Stern düzleminin dışında bulunan iyonların, Gouy-Chapman düşüncesine uyan diffüze tabaka kısmında bulunduğu kabul edilmektedir. Parçacık yüzeyindeki elektrik potansiyeli ψ_0 (Nernst Potansiyeli) ve Stern düzlemindeki potansiyel ise ψ_δ ile verilmektedir. Diffüze tabakadaki potansiyel Stern düzlemindeki ψ_δ potansiyelinden itibaren sonsuzdaki sıfır potansiyeline üstel olarak azalmaktadır.

Spesifik adsorbsiyon olduğunda (elektrostatik ve van der Waals kuvvetlerinin meydana getirdiği adsorbsiyon) genel olarak zıt yüklü iyon adsorbsiyonu aynı yüklü iyon adsorbsiyonuna üstün gelir (Şekil 3.2).

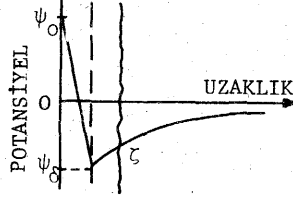
Çok değerli veya yüzey aktif zıt yüklü iyonlar Stern tabakasında yükü tersine çevirebilirler (Charge reversal), yani başlangıçta negatif yüklü olan parçacık pozitif değerlikli olabilir. O zaman ψ_0 ve ψ_δ ters işaretli olurlar (Şekil 3.3).



Sekil 3.1. Elektriksel çift tabakanın gösterilişi (12).

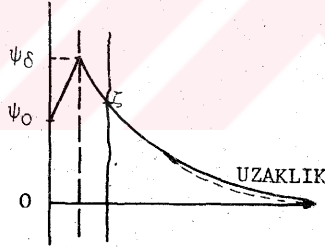


Sekil 3.2. Zıt yüklü iyon adsorbsiyonu



Şekil 3.3. Yükün tersine çevrilmesi olayının şematik gösterilişi.

Yüzey aktif aynı işaretli iyonların adsorbsiyonu, yeni bir durum meydana getirebilir. Bu durumda ψ_δ , ψ_0 ile aynı işaretlidir ve ψ_δ daha büyüktür. Yani bu olay etkili yüzey yükünü artırır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yüzey aktif aynı işaretli iyonların adsorbsiyonu.

3.1.4. Elektriksel Çift Tabakanın Diffüze Kısmı

3.1.4.1. Varsayımlar

Çift tabakanın diffüze kısmı için Gouy-Chapman tahlili aşağıdaki kabulleri esas olarak almaktadır(13).

1. Yüzeyin düz, sonsuz genişlikte ve uniform olarak yüklenmiş olduğu kabul edilmektedir.

2. Çift tabakanın diffüze kısmındaki iyonların Maxwell-Boltzmann dağılımına uygun olarak dağıldığı kabul edilmektedir. n_0 benzer molekülden meydana gelen böyle bir sistemde moleküllerin birbirlerini çekmedikleri veya itmedikleri kabul edilmektedir. Orijinal dağılım denklemi aşağıdaki şekildedir.

$$n_1 = n_0 \exp \left(- \frac{E_1}{kT} \right) \quad (3.1)$$

Bu denklemde:

n_1 : Mutlak T sıcaklığında enerjisi E_1 olan moleküllerin sayısı

k : Boltzmann sabiti

3. Sıvının çift tabakaya sadece geçirgenlik (permittivity) yoluyla etki ettiği kabul edilmektedir. Geçirgenliğin çift tabakanın diffüze kısmının her tarafında aynı değerde olduğu ve geçirgenliğin elektron akışına mukavemetin tersi olduğu kabul edilmektedir. Yani geçirgenlik düşük ise elektron akışına mukavemette büyüktür.

3.1.4.2. Yüklü Yüzeyden Uzaklığa Bağlı Olarak Potansiyel Dağılımı

Stern düzlemindeki elektrik potansiyeli ψ_δ , çözelti içinde stern düzleminden x uzaklığındaki potansiyel ise ψ ile gösterilmektedir.

Katı yüzeyin negatif yüklü ve zıt yüklü iyon adsorbsiyonunun olduğu, yükün tersine çevrilme olayının olmadığı ve diffüze tabakada aynı yüklü iyonların üzerinde zıt yüklü iyon fazlalığının bulunduğu kabul edildiğinde, potansiyel ile uzaklık arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde olur.

$$\psi = \psi_\delta \exp (-Kx) \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

$$K = \left(\frac{2Z^2 e^2 n_0}{\epsilon k T} \right)^{1/2} \quad (3.3)$$

denklemleriyle verilen Debye-Huckel karşılıklı uzunluk parametresidir.

z : İyonun değeri
e : Elektronun yükü
 ϵ : Geçirgenlik
 n_0 : İyon sayısı

Elektriksel bir alanın bir noktasındaki veya diffüze tabakadaki ψ potansiyeli, bir birim yükün (yüzeyle aynı şiddetli) sonsuzdan o noktaya hareketinde yaptığı iştir. Eğer (ze) yükü, sonsuzdan o noktaya hareket ederse yapılan iş (ze ψ) olur.

Yukarıdaki (3.2) denklemi düşük potansiyellerde, potansiyelin Stern düzleminde uzaklık ile üstel ile üstel olarak azaldığını göstermektedir. Yüklü yüzeyin yakınında potansiyelin relatif olarak yüksek olması muhtemeldir. Burada yukarıdaki denklem kullanılamaz ve potansiyel üstel durumdan daha büyük bir hızla azalır.

3.1.4.3. Çift Tabakanın Kalınlığı

Stern potansiyeli (ψ_δ), çift tabakanın diffüze kısmındaki net yük yoğunluğuna (σ) bağlıdır.

$$\sigma = K \epsilon \psi_\delta \quad (3.4)$$

veya

$$\psi_\delta = \frac{\sigma}{K \epsilon} \quad (3.5)$$

(3.5) denkleminde, yüzey potansiyelinin (düşük potansiyellerde) net yük yoğunluğuna, diffüze tabakanın geçirgenliğine ve

bir $(1/K)$ büyüklüğüne bağlı olduğu görülmektedir. $(1/K)$ diffüze tabakanın kalınlığı olarak tarif edilmektedir. Fakat gerçekte diffüze tabaka sonsuza kadar uzanır.

3.1.4.4. Çift Tabaka Üzerine İyonik Şiddetin Etkisi

Çift tabakanın kalınlığı elektrolitik çözeltinin iyonik şiddetine bağlıdır.

$$K = \left(\frac{2Z^2 e^2 n_0}{\epsilon k T} \right)^{1/2} = \left(\frac{2Z^2 e^2}{\epsilon k T} \frac{N C_0}{10^3} \right)^{1/2} \quad (3.6)$$

Burada:

N : Avogadro sayısı. Bir mol elektrolit çözeltisindeki iyon sayısı $= 6,03 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

C_0 : Elektrolitik çözelti konsantrasyonu (mol/lt)

Yukarıdaki denklemde $C_0 Z^2 = 2I$ konarak yeniden yazılırsa,

$$K = \left(\frac{4e^2 N I}{\epsilon k T \cdot 10^3} \right)^{1/2} \quad (3.7)$$

bulunur.

I : iyonik şiddet (mol/lt)

Yukarıdaki (3.7) denkleminde de açıkça görüldüğü gibi, iyonik şiddetin artması, çift tabakanın kalınlığını azaltmaktadır.

3.1.4.5. Zıt Yüklü İyonların Yapısının Etkisi

Gouy-Chapman modeli çok değerlikli zıt yüklü iyonların çift tabaka içinde, tek değerlikli iyonlardan çok daha fazla toplandığını göstermektedir.

(3.1) denklemi pozitif değerklikli iyon için aşağıdaki şekilde yazılır.

$$n_+ = n_0 \exp \left(\frac{ze\psi}{kT} \right) \quad (3.8)$$

Bu denklem tek değerklikli iyonlar için yazılırsa,

$$n_+ = n_0 A$$

İki değerklikli iyonlar için,

$$n_+ = n_0 A^2$$

Üç değerklikli iyonlar için,

$$n_+ = n_0 A^3$$

şeklinde olur.

3.1.5. Toplam Çift Tabaka İçin Stern Modeli

Elektriksel çift tabaka için Stern modeli, bütün sistemin elektriksel nötrallitesi düşüncesini esas almaktadır.

Stern tabakasının kalınlığı δ ve geçirgenliği ϵ' ise parçacık yüzeyindeki yük yoğunluğu σ_0 aşağıdaki denklem verilmektedir.

$$\sigma_0 = -\frac{\epsilon'}{\delta} (\psi_0 - \psi_\delta) \quad (3.9)$$

Sadece zıt yüklü iyon adsorbsiyonunun olduğu düşünülürse, Stern tabakasının yük yoğunluğu aşağıda denklemle bulunur.

$$\sigma_{\delta} = \frac{\sigma_m}{1+N/(n_o V_m) \exp\{(Ze \psi_{\delta} \phi)/kT\}} \quad (3.10)$$

Burada:

σ_{δ} : Stern tabakasının yük yoğunluğu

σ_m : Zıt yüklü iyonların bir tek tabakasına karşı gelen Stern tabakasının yük yoğunluğu

V_m : Çözücünün molar hacmi

ϕ : Kimyasal kuvvetlerin mol başına adsorbsiyon enerjisi

$ze\psi_{\delta}$: Elektrostatik kuvvetlerin mol başına adsorbsiyon enerjisi

Çift tabakanın toplam elektriksel nötrallitesi için,

$$\sigma_o + \sigma_{\delta} + \sigma = 0$$

olmalıdır. Yani,

$$\frac{\epsilon'}{\delta} (\psi_o - \psi_{\delta}) + \frac{\sigma_m}{1+N/(n_o V_m) \exp\{(ze\psi_{\delta} + \phi)/kT\}} + K\epsilon\psi_{\delta} = 0 \quad (3.11)$$

şeklinde açık olarak yazılan bu denklem Stern'in çift tabaka modelidir.

3.1.6. Çift Tabakaya Göre Kolloid Stabilitesi

3.1.6.1. Kolloidal Parçacıklar Arasındaki Potansiyel Enerji

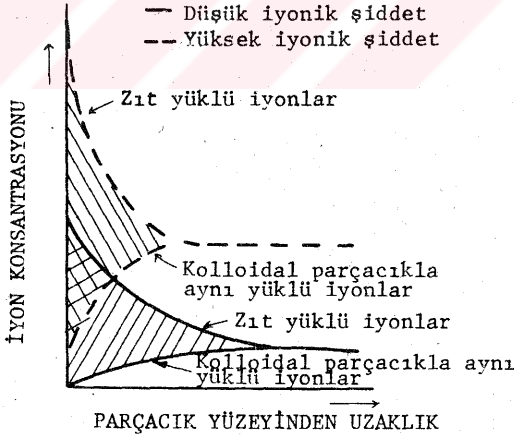
Kolloid stabilitesinin en iyi teorik açıklamasını Verwey ve Overbeek yapmışlardır(14). Bu model Van Olphen tarafından genişletilerek killere uygulanmış, Stumm ve Morgan(15) kolloid stabilitesine yüklerin etkileri modelini de katarak tabii sistemlerdeki ve tasfiye tesislerindeki birçok önemli olaylara uygulamışlardır.

Bu teori, çekme enerjisi (London-Van der Waals kuvvetleri) ve itme enerjisinin (çift tabakanın üst üste gelmesi) parçacıklar arasındaki uzaklığa bağlı olarak hesabını ihtiva etmektedir.

Sulu bir çözeltideki kolloidal parçacıklar elektrik yükü taşıdıklarından bir elektriksel alan içinde hareket ederler. Kolloidal parçacıklar böyle bir elektriksel yükü değişik yollarla gösterebilirler. Bu primer yükün işareti pozitif veya negatif olabilir.

Bir kolloidal dağılımın (katı ve sıvı faz bir arada) net bir elektrik yükü yoktur. Çünkü parçacık üzerindeki primer yük sıvı fazdaki yük ile dengelenir. Sonuç olarak, katı kolloidal parçacık ve sıvı arasındaki ara yüzeyde daha önce de belirtildiği gibi bir elektriksel çift tabaka meydana gelir.

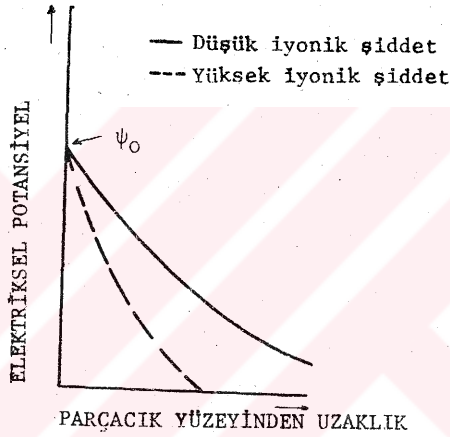
Çift tabakadaki zıt yüklü iyonlar ara yüzeye elektrostatik olarak çekilirler. Bu çekme bir konsantrasyon farkı doğurur. Bunun sonucu gelişigüzel meydana gelen termal karışım, bu iyonların parçacık yüzeyinden konsantrasyonun daha düşük olduğu çözeltiliye doğru diffüze olmalarına sebep olur. Bu iki zıt işlem (diffüzyon ve elektrostatik çekme) yükün diffüze tabakanın dışında, suyun içinde yayılmasını sağlar. Zıt yüklü iyonların konsantrasyonu parçacık yüzeyinin bitişiğinde çok yüksektir. Bununla beraber, bu konsantrasyon katı-sıvı ara yüzeyinden itibaren uzaklığın artmasıyla tederici olarak azalır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Elektriksel çift tabakada yüklerin dağılımı.

Çözeltinin konsantrasyonu fazla ise (yüksek iyonik şiddet) diffüze tabaka sıkışır. Buna bağlı olarak daha küçük bir hacim işgal eder ve çözeltinin içine kadar genişleyemez.

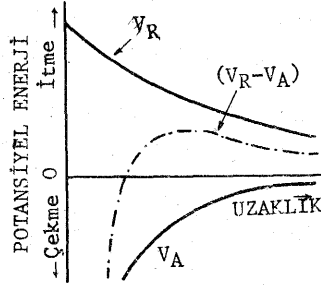
Primer yükün varlığından dolayı parçacık yüzeyi ve çözelti arasında elektrostatik potansiyelin mevcut olduğu daha önce belirtilmiştir.



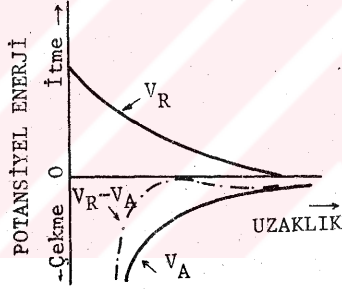
Şekil 3.6. Elektriksel potansiyelin uzaklıkla değişimi.

Şekil 3.6 da görüldüğü gibi, potansiyel parçacık yüzeyinde maksimumdur ve parçacık yüzeyinden uzaklaştıkça azalmaktadır. Yüksek iyonik şiddetde, potansiyel kısa bir mesafede sıfıra inmektedir. Primer yükün kaynağına bağlı olarak yüzey potansiyeli, iyonik şiddetin artmasıyla da azalabilir.

Aynı yüklü iki parçacık birbirine yaklaşırsa, bunların tabakaları etkileşmeye başlar. Aynı yüklü parçacıklar ile primer yüklü kolloidal parçacıklar arasındaki elektrostatik etkileşme genellikle bir itme kuvveti doğurur. Bu itici potansiyel enerji V_R , parçacıkları birbirinden ayıran uzaklığın azalmasına bağlı olarak artar.



Şekil 3.7. Düşük iyonik şiddetli bir kolloidal sistemin potansiyel enerjisi.



Şekil 3.8. Yüksek iyonik şiddetli bir kolloidal sistemin potansiyel enerjisi.

Şekil 3.7 ve 3.8 den görüldüğü gibi çözeltisinde yüksek iyonik konsantrasyon ihtiva eden kolloidal sistemler için itme potansiyeli, daha düşük iyonik şiddet ihtiva eden sistemlerden daha küçüktür.

İtme enerjisi için geliştirilmiş genel ifade çok karmaşıktır. Bununla beraber ψ_0 ve $\exp(-KH)$ nın düşük değerleri için

Verwey ve Overbeek tarafından geliştirilen eşitlik aşağıdaki şekildedir(12).

$$V_R = \frac{Bek^2T^2a\gamma^2}{z^2} \exp(-KH) \quad (3.12)$$

Bu eşitlikte,

$$B = 4,36 \cdot 10^{20} \text{ A}^{-2} \text{ S}^{-2}$$

A : Hamaker sabiti. Bu sabit enerji boyutludur ve literatürde tablolar halinde mevcuttur(16).

$$S = \frac{R}{a} = \frac{\text{Parçacıkların merkezleri arasındaki uzaklık}}{\text{Parçacıkların yarıçapı}}$$

ϵ = Geçirgenlik = $7,08 \cdot 10^{-12}$ coulombs/v.cm (20°C de su için).

$$\gamma = \frac{\exp\{ze\psi_\delta/2kT\}-1}{\exp\{ze\psi_\delta/2kT\}+1}$$

H : Küreler arasındaki en kısa mesafe

z : Zıt yüklü iyonların değeri

1/K: Çift tabakanın diffüze kısmının kalınlığı

Kolloidal parçacıkların bütün tipleri arasında çekme kuvvetleri mevcuttur. Van der Waals kuvvetleri olarak adlandırılan bu çekici kuvvetler, birçok kolloidal sistemlerin aggregasyonundan sorumludur. Bu kuvvetlerin büyüklüğü, kolloidal parçacıkların meydana getiren atomların çeşitlerine ve parçacıkların yoğunluğuna bağlıdır. İtici kuvvetlere benzemeksizin, bu kuvvetlerin büyüklüğü sulu fazın bileşimine bağlı değildir. İki parçacık arasındaki çekme kuvvetleri, parçacıkları ayıran uzaklığın artması ile azalır. İtici kuvvetlerden dolayı açığa çıkan potansiyel enerji de uzaklığın artmasıyla azalır.

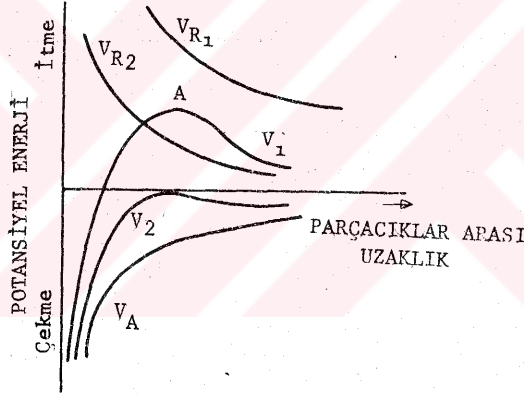
İki molekül arasındaki Van der Waals çekme enerjisi çok kısa mesafelidir ve moleküller arası uzaklığın altıncı kuvveti

ile ters orantılı olarak değiştiği kabul edilmektedir(17). Bir molekül topluluğu için, bu van der Waals kuvvetleri yaklaşık olarak toplanabilir ve iki parçacık arasındaki çekme enerjisi, parçacıkların içindeki bütün molekül çiftleri arasındaki çekme kuvvetlerinin toplanmasıyla hesaplanabilir(18).

(a) Yarıçaplı ve aralarındaki en kısa mesafenin (H) ya eşit olduğu iki parçacık arasındaki van der Waals çekme enerjisi aşağıdaki eşitlikle verilmektedir(18).

$$V_A = \frac{-A \cdot a}{12H} \quad (3.13)$$

İki yüklü parçacık arasındaki toplam potansiyel enerji itme ve çekme enerjilerinin toplanmasıyla bulunur.



Şekil 3.9. İki parçacık arasındaki potansiyel enerji.

Bu iki kuvvetin özellikleri Şekil 3.9 daki potansiyel enerji-uzaklık eğrisinden çıkarılabilir. İtme enerjisi parçacıklar arası uzaklığın (H) ve elektriksel çift tabakanın diffüze kısmının kalınlığının (1/K) üstel bir fonksiyonudur. Çekme enerjisi parçacıklar arası uzaklığın ters kuvveti ile azalır. Netice itibariyle van der Waals çekim kuvveti kısa mesafelerde etkili ola-

caktır. Bununla beraber, çok kısa mesafelerde, elektron bulutlarının üst üste yığılmalarından dolayı itme meydana gelecektir. Bu olay potansiyel enerji eğrisinde gösterilmemiştir. Orta mesafelerde V_A ve V_R nin kısmî değerlerine bağlı olarak çift tabaka itmesi meydana gelir.

Eğer maksimum potansiyel enerji (A noktasındaki), parçacıkların kinetik enerjisinden (kT) büyükse sistem kararlıdır. Buna karşılık parçacıkların kinetik enerjisi, potansiyel enerjinin maksimum değerinden büyükse, o zaman parçacıklar birleşirler. Bu maksimum potansiyel enerji ψ_0 nin büyüklüğüne ve itici kuvvetlerin derecesine, dolayısıyla $(1/K)$ ya bağlıdır. Potansiyel enerjinin max. olduğu A noktasındaki potansiyele enerji engeli denmektedir.

Sekil 3.9 dan da görüldüğü gibi, düşük iyonik konsantrasyonlarda enerji engeli ortaya çıkmasına rağmen, yüksek iyonik konsantrasyonlarda bu engel görülmemektedir.

3.2. DESTABİLİZASYON MEKANİZMALARI

Kolloidler genellikle yüklü parçacıklardır. Bu yük kolloidlerin stabilitesini sağlar. Yüklü ara yüzeylerin yapısı ve kolloid stabilitesinin esasları Bölüm 3.1 de tartışılmıştır. Esas olarak ilave edilen metal koagülanlar (inorganik tuzlar) kolloid stabilitesine iki şekilde etki edebilirler. Birincisi, parçacıkların etrafındaki diffüze tabaka üzerine yapılan etki, diğeri ise, kolloid stabilitesini kontrol eden elektrik potansiyeli üzerine yapılan "spesifik" etkidir. Bu etkiler birbirlerinden tamamen ayrılamazlar. Fakat ayrı ayrı incelenmeleri daha uygundur.

3.2.1. Çift Tabakanın Sıkışması

Yüklü bir kolloidal parçacık etrafındaki elektriksel potansiyelin Gouy-Chapman modeliyle verildiğinde, yüzey potansiyeli ψ_0 , Stern düzlemindeki potansiyel ise ψ_0 olarak gösterilir.

Bölüm 3.1.4.2 de belirtildiği gibi, ψ_δ nin küçük değerlerinde parçacığın üzerindeki potansiyel, Stern düzleminden uzaklaştıkça üstel olarak azalır.

$$\psi = \psi_\delta \exp (-Kx) \quad (3.14)$$

Burada,

x : Stern düzleminden uzaklık.

$$K = \left(\frac{2e^2 N}{\epsilon k T 10^3} z^2 \cdot C_0 \right)^{1/2} \quad (3.15)$$

$(1/K)$ uzunluğu çift tabakanın diffüze kısmının kalınlığıdır ve kolloid ilminde çok önemli bir büyüklüktür. Çünkü bu parametre, yüklü parçacıklar arasında etkili olan elektriksel kuvvetleri kontrol eder. (3.15) eşitliğine göre, konsantrasyonun ve çözeltideki iyonların değerliğinin artmasıyla (K) da artmaktadır. Buna göre, diffüze tabaka kalınlığı $(1/K)$, bilhassa çok değerlikli iyonlar ihtiva eden yüksek konsantrasyonlu tuz çözeltilerinde çok küçük olur.

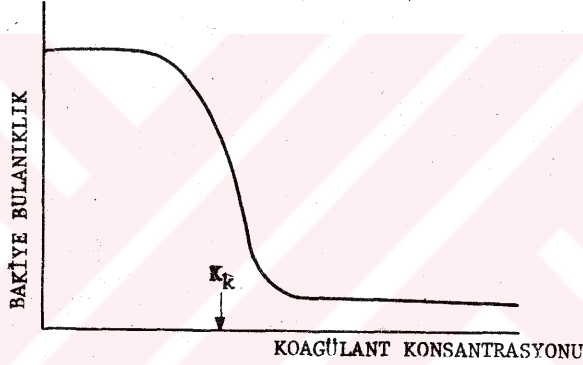
Bütün teorik ifadeler, verilen bir uzaklık için, parçacıklar arası itme kuvvetlerinin, $(1/K)$ değerine bağlı olduğunu göstermektedir. İyonik şiddetin artırılmasıyla bu değer düşürülürse, benzer kolloidal parçacıklar arasındaki elektriksel itme azalır ve aktivasyon enerji engeli ortaya çıkamaz. Bu tip destabilizasyon, kolloidal dağılıma yeterli miktarda elektrolitin ilavesi ile yapılabilir. Bu olayda, inorganik tuzların (metal koagülantlar) kolloidler ile sadece elektrostatik etkileşimde bulunduğu ve adsorbsiyonun önemsiz olduğu kabul edilmektedir. Kolloidlerin bu tür tuzlarla destabilizasyonu ilk defa Schulze-Hardy tarafından incelenmiştir. Schulze-Hardy kaidesine göre, bir kolloidal dağılımı stabilize etmek için gerekli koagülant konsantrasyonu, koagülantın yükünün altıncı kuvvetinin tersi ile doğru orantılıdır $(1/z^6)$.

Optimum elektrolit konsantrasyonu bulunurken Gouy-Chapman modelinin esas alınması ve bu modelde de adsorbsiyonun ihmal edilmesinden dolayı $(1/z^6)$ kaidesi birçok durumlar için geçerli değildir(18). Bununla beraber, Schulze-Hardy kaidesinin uygulan-

dığı durumlar da vardır. Bu durumlarda koagülasyon düşük koagülant konsantrasyonunda olmaktadır.

Düşük koagülant konsantrasyonlarında adsorbsiyon ihmal edilebilir ve çift tabakanın sıkışması etkili mekanizma olur. Daha yüksek koagülant konsantrasyonlarında adsorbsiyonda birlikte artar ve bu durumda Schulze-Hardy kaidesi de uygulanmaz(18).

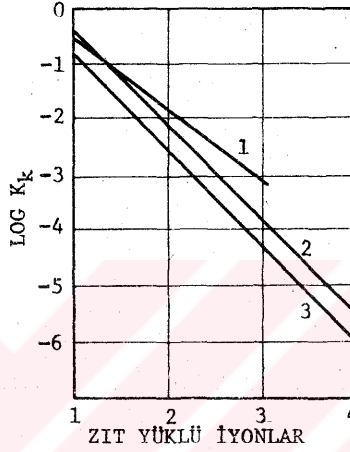
Pratikte, verilen bir kolloidal dağılımın stabil halden, destabil hâle geçişi koagülant konsantrasyonunun dar bir aralığında olmaktadır. Bu konsantrasyona (K_k) "Kritik Konsantrasyon" denir. Eğer koagülant konsantrasyonu daha fazla artırılırsa, destabilizasyona herhangi bir etki yapmaz (Şekil 3.10).



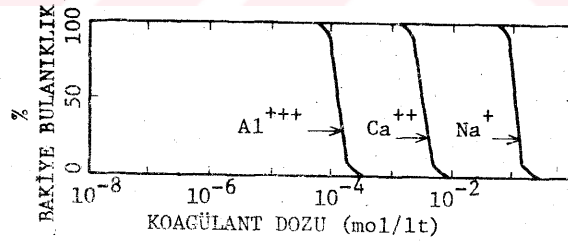
Şekil 3.10. Koagülant konsantrasyonunun fonksiyonu olarak bakiye bulanıklık.

Verilen bir kolloidal dağılım için, zıt yüklü iyon yüküne karşı $\log K_k$ grafiğe geçirildiğinde düz bir doğru elde edilmektedir (Şekil 3.11).

Şekil 3.11 dekinе benzer şekilde, koagülant konsantrasyonunun fonksiyonu olarak bakiye bulanıklık Schulze-Hardy kuralı ve teorik Verwey-Overbeek modeli esas alınarak çizildiğinde aşağıdaki eğriler elde edilmiştir. (Şekil 3.12).



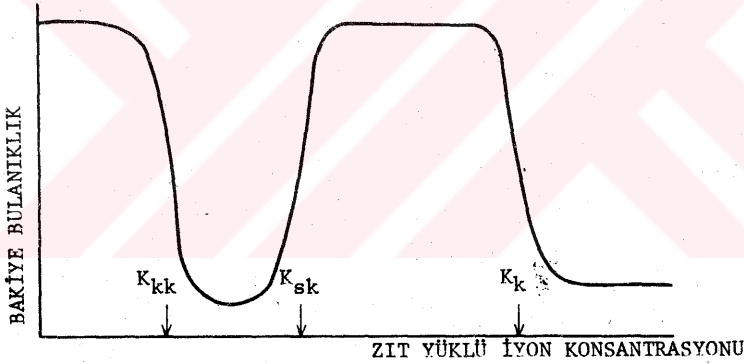
Şekil 3.11. Zıt yüklü iyonun fonksiyonu olarak kritik koagülasyon konsantrasyonu(18).
1) PVC Latex, 2) E.Coli
3) Gümüş iyodür.



Şekil 3.12. Değişik koagülantlar için şematik koagülasyon eğrileri (14).

3.2.2. Adsorbsiyon

Zıt yüklü iyonlar kolloidal parçacıklar üzerine adsorbe edildiğinde, parçacığın yükü azalır ve koagülasyon meydana gelir. Koagülasyonun meydana geldiği, parçacık yükünün bu kritik değerinde elektriksel itme, parçacıkların temasını önleyecek derecede büyük değildir. Bu kritik değer diffüze tabakanın kalınlığına ve iyonik şiddetine bağlıdır. Daha fazla zıt yüklü iyon adsorbe edilirse, parçacık yükü tersine dönebilir ve yüzey potansiyeli parçacığın restabilizasyonuna sebep olacak derecede yüksek olur. Kolloidal parçacıkların koagülasyonunu ve restabilizasyonunu meydana getirmek için gerekli adsorbe edilen zıt yüklü iyon konsantrasyonuna sırasıyla kritik koagülasyon konsantrasyonu (K_{kk}) ve kritik stabilizasyon konsantrasyonu (K_{sk}) denir. Destabilizasyondan sonra zıt yüklü iyon ilavesine devam edilirse, iyonik şiddetin artmasından dolayı koagülasyon tekrar meydana gelebilir. Çünkü ilave edilen koagülant çift tabakanın sıkışmasına sebep olmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Spesifik olarak adsorbe edilen zıt yüklü iyonların kolloid stabilitesine etkisi.

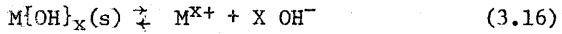
Adsorbsiyonun en önemli özelliği K_{kk} ve K_{sk} nin kolloid konsantrasyonuna bağlı olmasıdır. İlave edilen zıt yüklü iyonların tamamının parçacık tarafından adsorbe edildiği ve çözeltide serbest halde hiçbir iyon bulunmadığı durumlarda K_{kk} , kol-

loid konsantrasyonu ile orantılı olmaktadır. Stumm ve O'Melia kolloid konsantrasyonu ile K_{kk} arasındaki bu bağıntıyı belirtmek için "Stökiyometrik" terimini kullanmışlardır(19). Fakat az adsorbe olan iyonlarda, kritik adsorbsiyon yoğunluğunun sağlanması için çözeltideki iyon konsantrasyonunun çok yüksek olması gerekmektedir. Adsorbe olan iyonların kesri kolloid konsantrasyonuna bağlıdır. Sonuç olarak, adsorbsiyon koagülasyonunun bütün şekilleri için K_{kk} , kolloid konsantrasyonuna bağlı olmaktadır.

Bir koagülantın bir kolloidal dağılımı destabilize etme kabiliyeti, gerçekte, koagülant-kolloid, koagülant-çözücü ve kolloid-çözücü arasındaki etkileşmelerin bileşimidir. Posselt, Weber ve arkadaşları mangan dioksit süspansiyonuna katyonik polielektrolit (polidiallil dimetil amonyum) ve metal iyonlarının (Ca^{++}) adsorbsiyonunu, yani destabilizasyon, restabilizasyon olaylarını incelemişlerdir(20), (21). Deneylerin sonucunda, katyonik polielektrolitin adsorbsiyonunda destabilizasyonun meydana geldiği gözlenmiştir. Ca^{++} iyonları ise çok yüksek konsantrasyonlarda etkili olmuştur. Ca^{++} iyonlarının restabilizasyon meydana getirmemesine karşılık, destabilizasyon için gerekli miktardan daha fazla polikatyon kullanıldığında restabilizasyon meydana geldiği görülmüştür.

3.2.3. Çökelti Ağı İçine Alma (Enmeshment in a Precipitate)

Bir metal tuzu ($MgCO_3$), metal oksidi veya hidroksidi (CaO , $Ca(OH)_2$) metal karbonat ($CaCO_3$) veya metal hidroksit ($Mg(OH)_2$) halinde hızlı çökmesini sağlamak için oldukça yüksek konsantrasyonlarda koagülant olarak kullanıldığında, kolloidal parçacıklar çökeltiler oluşurken bunların ağı içine alınabilirler(22). Bir metal hidroksidin çözünürlüğü aşağıdaki şekildedir.



Bu reaksiyonun çözünürlük sabiti aşağıdaki şekildedir.

$$K_c = \{M^{X+}\}\{OH^-\}^X \quad (3.17)$$

Bu eşitlikte $\{M^{x+}\}$ ve $\{OH^{-}\}$ çözeltideki metal ve hidroksid iyonlarının molar konsantrasyonu ve K_{ϕ} metal hidroksidin çözünlülük sabitidir.

Metal hidroksidin çökme hızı, çözeltinin aşırı doygunluk derecesine bağlıdır. Aşırı doygunluk derecesi,

$$\frac{\{M^{x+}\}\{OH^{-}\}^x}{K_{\phi}}$$

oranı ile belirtilmektedir. Çok hızlı çökme için bu oran 100 veya daha büyük olmalıdır. Bu mekanizmada kolloidal parçacıklar çökeltinin meydana gelmesinde çekirdek görevini görmektedirler. Çünkü çökme hızı uzaklaştırılan kolloidal parçacıkların konsantrasyonunun artmasıyla artar. Bu, uzaklaştırılması gereken kolloidal madde konsantrasyonu ile optimum koagülant dozu arasında ters bir bağıntının olduğunu göstermektedir(22).

3.3. TEKSTİL ATIK SULARINDAN RENGİN GİDERİLMESİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Champbell(23) indigo, kükürtlü ve direkt boyarmaddeleri ihtiva eden tekstil atık sularının tasfiyesi ile ilgili olarak aşağıdaki çalışmaları yapmıştır.

Bu araştırmacı indigo boyarmaddesi ihtiva eden tekstil atık sularının tasfiyesinde, koagülant olarak alum ve kalsiyum klorürü ayrı ayrı, alum ve kalsiyum hidroksiti, demir-3-klorür ve kalsiyum hidroksiti, demir-2-sülfat ve kalsiyum hidroksiti birlikte kullanmıştır.

Bu koagülantlar arasında optimum tasfiye 2 gr/lt $CaCl_2$ ile sağlanmış ve bu tasfiyede %90 renk uzaklaştırması elde edilmiştir.

Champbell kükürtlü boyarmadde ihtiva eden atık su numunelerinin tasfiyesinde koagülant olarak demir-2-sülfat, alum, sülfürik asiti ayrı ayrı, alum ve kalsiyum hidroksiti, kalsiyum klorür ve kalsiyum hidroksiti, demir-2-sülfat ve kalsiyum hidroksiti, sülfürik asit ve demir-3-klorürü, sülfürik asit ve kalsiyum klorürü sülfürik asit ve alumu birlikte kullanmıştır.

Bu araştırmacı numunelerin yukarıda bahsedilen koagülantlarla koagülasyonun iyi sonuçlar vermediğini, sülfürik asitle yapılan deneylerde asidin deney sonunda numuneye parlak portakal rengini verdiğini, asidin artmasıyla bu rengin sarıya döndüğünü görmüştür. Deney sonuçlarından bu boyarmaddelerin tasfiyesinin çok zor olduğu sonucuna varmıştır.

Champbell direkt siyah boyarmaddesi ihtiva eden atık su numunelerinin tasfiyesinde koagülant olarak demir-2-sülfat, kalsiyum hidroksit, kalsiyum klorür, alum ve demir-3-klorürü ayrı ayrı, alum ve kalsiyum hidroksiti, demir-3-klorür ve kalsiyum hidroksiti, kalsiyum klorür ve kalsiyum hidroksiti, demir-2-sülfat ve kalsiyum hidroksiti birlikte kullanmıştır. Deney sonuçlarından bu boyarmaddeyi ihtiva eden atık suyun tasfiyesinde yukarıda belirtilen koagülantların etkili olmadığını görmüştür.

Thornton ve Moore(24) adsorbent olarak granüle aktifleşmiş boksit ve granüle Georgia-Florida tipi kil kullanarak tekstil atık sularında bulunan çeşitli boyarmaddelerin adsorbsiyonunu, boyarmaddelerin geri kazanılmasını ve adsorbentin rejenerasyonu ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. Çalışmalarında dolgu-yatak tipi adsorbsiyon kolonları kullanarak, deneyleri atm. basıncı ve oda sıcaklığında yapmışlardır.

Deneylerde aşağıdaki boyarmaddeleri kullanarak saf su ile hazırladıkları 200 mg/lt konsantrasyonunda boyarmadde çözeltileri kullanmışlardır.

Calcocid orange Y (Mono azo asit)
 Calcochrome brown RV (Palatine mordant asit)
 Calcodur red 8 BL (Direkt tetra-azo)
 Calcozine blue B (Bazik)
 Calcofast wool yellow R (Cromlu)
 Calomine black (Direkt)
 Calcocid green S (Asit mordant)

Thornton ve Moore boksitle yaptıkları adsorbsiyon deneylerinde 1 ton boksitin 53 kg Calcochrome brown RV, 36.4 kg Calcodur red 8 BL, 33 kg Calcofast wool yellow R, 6.7 kg Calcozine blue B, 2.6 kg Calcocid orangeY, 0.5 kg Calomine black ve 0.4 kg Calcocid greenS adsorbe ettiği, 1 ton kilin ise 80 kg Calcozine blue B adsorbe ettiği buna karşılık Calcofast wool yellow R boyarmaddesini hiç adsorbe etmediğini görmüşlerdir. Bu deneylerde akış hızlarını ve başlangıç boyarmadde konsantrasyonlarını

sabit tutmuşlardır. Sonuçlardaki değişimin adsorbentlerin ve boyarmaddelerin yapısına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Aynı araştırmacılar adsorbe edilen boyarmadde miktarı üzerine akış hızının etkisini de incelemişlerdir. Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunu 0.2 gr/lt de sabit tutarak, akış hızını 1200 (lt)(saat)/m³ den 4500 (lt)(saat)/m³ e artırdıklarında 1 ton boksit başına adsorbe edilen Calcodur red 8 BL miktarının 36 kg dan 5.6 kg a düştüğünü görmüşlerdir. Bu sonuçlardan en fazla adsorbsiyonun düşük akış hızlarında olduğunu, buna granüle adsorbent içine boyarmadde taneciklerinin diffüzyon hızındaki değişmelerin sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Başlangıç boyarmadde konsantrasyonunu 0.002 gr/lt den 0.2 gr/lt ye değiştirerek, 1 ton boksitin adsorbe ettiği Calcozin blue B miktarının 0.3 kg dan 6.6 kg a çıktığını görmüşlerdir. Bu sonuçlara göre, başlangıç boyarmadde konsantrasyonu fazla olduğunda adsorbe edilen boyarmadde miktarının da fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Thornton ve Moore adsorbentin rejenerasyonu ve boyarmaddenin geri kazanılmasıyla ilgili olarak yaptıkları deneylerde, adsorbentin rejenerasyona tabii tutulması için adsorbsiyondan sonra elde edilen boyarmadde konsantrasyonunun başlangıç konsantrasyonunun yarıya inmesini esas almışlar. Bu deneylerde adsorbent olarak boksiti kullanmışlardır. Bu adsorbentin altı adsorbsiyon-rejenerasyon işleminden sonra renk uzaklaştırma verimini ve adsorbe edilen boyarmaddenin geri kazanma yüzdesini aşağıdaki oranlarda bulmuşlardır.

Calcodur red 8BL boyarmaddesiyle yaptıkları deneylerde rejenerasyon metodu olarak 1800°C da yakma işlemini uyguladıklarında renk uzaklaştırma verimini %95, boyarmaddenin geri kazanma yüzdesini %0 bulmuşlardır. %12.5 HCl, %75 aseton, %12.5 su ihtiva eden çözelti ile rejenerasyonda renk uzaklaştırma verimini %86, boyarmadde geri kazanma yüzdesini %56 bulmuşlardır.

Calcocid orange Y ile yaptıkları deneylerde, 1800°C de yakma işleminde renk uzaklaştırma verimi %89, boyarmadde geri kazanma yüzdesi %0, %6 lık sıcak trisodyum fosfat ile yıkadıktan sonra 0.15 g/lt HCl ihtiva eden su ile yıkayarak yaptıkları rejenerasyonda renk uzaklaştırma verimini %68.5, boyarmadde geri kazanma yüzdesini %92 bulmuşlardır.

Calcozine blue B ile yaptıkları deneylerde, 1800°C de yakma ile rejenerasyonda renk uzaklaştırma verimini %100, boyarmadde geri kazanma yüzdesini %0, %50 aseton ve %50 su ihtiva eden çözelti ile rejenerasyonda renk uzaklaştırma verimini %64, boyarmadde geri kazanma yüzdesini %99 bulmuşlardır.

Calcofast wool yellow R'nin 1800°C da yakma ile rejenerasyonunda renk uzaklaştırma verimini %0, boyarmadde geri kazanma yüzdesini %0 bulmuşlardır.

Souther ve Alspaugh tekstil atık sularının bir pilot tesisde fiziksel, kimyasal ve biyolojik tasfiyesini araştırmışlardır(25). Deneylerde kullandıkları tekstil atık su numunelerini Cone Mills tesislerinden, evsel atık su numunelerini North Buffalo atık su tesislerinden almışlardır.

Bu araştırmacılar fiziksel tasfiye deneylerini 1.2 m derinliğinde 227 lt hacmindaki ağaç havuzlarda yapmışlardır. Tasfiye edilecek atık suyu havuza koyarak iyici karıştırdıktan sonra aldıkları numuneleri analiz ederek aşağıdaki sonuçları elde etmişlerdir.

Kükürt boyarmaddesi ihtiva eden atık sularda 23 günlük bekleme süresi sonunda, pH'nın 10.2 den 9.1'e indiğini, renk uzaklaştırmasının %28.6, BOI gidermesinin %16.3 olduğunu bulmuşlardır.

Kükürt ve indigo boyarmaddesi ihtiva eden atık sularda 14 günlük bekleme süresi sonunda, pH'nın 9.8 den 8.9 a indiğini, BOI ve renkte herhangi bir azalmanın olmadığını görmüşlerdir.

Apreleme, beyazlatma ve pişirme ünitelerinden çıkan atık suların karışımının fiziksel tasfiyesinde, 21 günlük bekleme süresi sonunda, pH'nın (pH= 11.7) ve rengin değişmediğini gözlemişlerdir.

Vat, kükürt ve indigo boyarmadde ihtiva eden atıkları, Rayon ve pamuklu dokuma atıkları, apreleme, beyazlatma ve pişirme ünitelerinden çıkan atıkların karışımının fiziksel tasfiyesinde, 18 günlük bekleme süresi sonunda, pH'nın 11.4 den 9.2 ye indiğini %20 renk, %10.5 BOI uzaklaştırması elde edildiğini görmüşlerdir.

%40 tekstil atık suyu, %60 evsel atıksu karışımının fiziksel tasfiyesinde, 18 günlük bekleme süresi sonunda, %20 renk, %30.4 BOI gidermesi elde etmişlerdir.

Souther ve Alspaugh atıkların kimyasal tasfiyesini, koagülantın ilave edildiği hızlı karıştırma ünitesi, yumaklaştırıcı ve çökeltme tankından meydana gelen 3.78 lt/saat kapasiteli bir pilot tesiste yapmışlardır. Çökeltme süresini 2 saat almışlardır. Çeşitli tekstil boyarmaddelerinin, tekstil fabrikalarında her üniteye meydana gelen atıkların ve karıştırılmış atıkların tek ve birden fazla koagülant karışımıyla tasfiyesini yaparak Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3 deki sonuçları elde etmişlerdir. Bu sonuçlara göre ortalama %40-70 BOI ve %80-90 renk uzaklaştırması elde etmişlerdir. Karıştırılmış atık suların kimyasal tasfiyesinin, ayrı ayrı tasfiyelerinden daha ucuz olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca atık suların pH'larının ayarlanmasında asit yerine CO₂ kullanmanın daha ekonomik olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 3.1. Çeşitli Tekstil Boyarmaddelerinin Tasfiyesi(25).

Boyarmaddeler	Koagülant	Koagülant Konsant. (mg/lt)	pH Değişimi	%Renk uzaklaş- tırma
Direkt boyaları	Fe ₂ (SO ₄) ₃	336	10.8-3.6	75.0
	Alum	888	10.8-4.3	75.0
	FeCl ₃	408	10.8-3.5	85.0
	FeSO ₄	420	10.8-11.9	90.0
	Ca(OH) ₂	6276		
Kükürtlü boyalar	H ₂ SO ₄	4380	11.7-3.5	99.0
	Alum	6960	11.7-5.0	99.0
	FeSO ₄	25680	11.7-8.3	99.7
Vat boyaları	FeSO ₄	11136	11.7-11.1	85.0
	Ca(OH) ₂	1500		
	FeSO ₄	13920	11.7-11.0	87.5
	Alum	27900	11.7-6.3	87.5
İndigo boyaları	Ca(OH) ₂	840	10.5-11.8	65.0
	FeSO ₄	700	10.5-11.5	94.5
	Ca(OH) ₂	1536		
	Alum	1200	10.5-4.2	65.0
	CaCl ₂	18480	10.5-8.2	94.5

Tablo 3.2. Tekstil Fabrikalarında Her Üniteye Meydana Gelen Atıkların Tasfiyesi(25).

Ünite	Koagülant	Koagülant Kons. (mg/lt)	pH Değişimi	%Renk uzaklaş- tırma	%BOI uzaklaş- tırma
Kükürt ve indigo boyama atık suyu	FeSO ₄	702	10.2-10.2	91.0	41.5
	Ca(OH) ₂	702			
	Ca(OH) ₂	2508	10.2-11.6	99	-
	Alum	2508	10.2-6.0	97.5	43.7
	H ₂ SO ₄	780			
	CaCl ₂	2952	10.2-8.4	85.0	42.5
	Alum	4464	10.2-6.2	99.4	-
Apreleme atık suyu	H ₂ SO ₄	240	10.8-8.5	-	-
	FeSO ₄	504	10.8-10.0	80.0	50.0
	Ca(OH) ₂	504			
Pişirme ünitesi atık suyu	FeSO ₄	17400	11.8-9.2	98.0	-
	Ca(OH) ₂	1512			
	Alum	10044	11.8-6.2	99.0	-
	H ₂ SO ₄	780			
	Alum	15624	11.8-5.0	99.5	-
Pişirme, apreleme, boyama ve parlatma üniteleri atık su- ları	FeSO ₄	504	11.7-9.8	-	18.9
	FeSO ₄	985	11.7-9.5	50	41.2
	Ca(OH) ₂	745			
	CaCl ₂	1200	11.7-10.15	60	49.5
	Alum	2000	11.7-6.5	82.5	60
	H ₂ SO ₄	565			

Tablo 3.3. Karıştırılmış Atıkların Tasfiyesi(25).

Koagülant	Koagülant Konsant. (mg/lt)	pH Değişimi	%Renk uzaklaş- tırma	% BOI uzaklaş- tırma
FeSO ₄	504	12.0-10.6	50	20
	936	12.0-10.4	70	30
FeSO ₄	700	12.0-11.7	83.5	59.5
Ca(OH) ₂	700			
CaCl ₂	1000	12.0-10.8	83.0	47.5
Alum	1000	12.0-6.0	83.0	40
H ₂ SO ₄	420			
Alum	1680	12.0-6.0	87.5	60
H ₂ SO ₄	420			

Souther ve Alsbaugh atıkların biyolojik tasfiyesinde karıştırma tankı, ilk çökeltme, birinci damlatmalı filtre, toplama kabı, ikinci damlatmalı filtre, son çökeltme ve toplama kabından meydana gelen iki basamaklı damlatmalı filtre ve karıştırma tankı, aktif çamur kabı ve son çökeltme tankından meydana gelen aktif çamur prosesini kullanmışlardır. 0.375 m çapında filtreler kullanarak, akış hızını 20 lt/saat ile 40 lt/saat arasında değiştirmişlerdir. Çökeltme süresini 2 saat, aktif çamur ünitesinin hacmini 2 lt almışlardır.

Aynı araştırmacılar %25 kükürtlü ve indigo boyarmaddesi ihtiva eden atık ile %75 evsel atıktan meydana gelen karışımı iki basamaklı damlatmalı filtrede tasfiye ederek ortalama %40 renk, %68 BOI uzaklaşması, %75 kükürtlü ve indigo boyarmaddesi ihtiva eden atık ile %25 evsel atıktan meydana gelen karışımı aynı tesiste tasfiye ederek ortalama %38.6 renk, %55.2 BOI uzaklaştırması elde etmişlerdir.

Adı geçen araştırmacılar kükürtlü ve indigo boyarmadde atığı ile evsel atık suyun değişik oranlarda karışımlarının aktif çamur prosesinde tasfiyesini inceleyerek %20 boyarmadde atığı

%80 evsel atık ihtiva eden karışımın tasfiyesinde %50 renk uzaklaştırması, %82.6 BOI uzaklaştırması elde ederek, bunun en uygun karışım olduğunu belirtmişlerdir.

Kace ve Linford dispers boyarmaddelerin tasfiyesi ile ilgili olarak yaptıkları araştırmada, boyarmadde olarak sandoz blue-green ve sandoz red, sentetik polielektrolit olarak PEI (polietilenimin) 400, PEI 1000, ve PEI 1090, inorganik koagülant olarak da alum kullanmışlardır(26). Saf su ile hazırlanmış 100 mg/lt konsantrasyonunda boyarmadde çözeltileri kullanmışlardır.

Bu araştırmacılar pH = 7.0 de her iki boyarmadde çözeltisinde %90 renk uzaklaştırmak için yaklaşık olarak 30 mg/lt PEI 400, 50 mg/lt PEI 1000, 40 mg/lt PEI 1090 kullanmışlardır. İki anyonik polielektrolit kullanarak yaptıkları deneylerde pH= 7.0 de flokülasyonun meydana gelmediğini görmüşlerdir. Daha etkili olmasından dolayı deneylerde PEI 400 kullanmışlardır.

Aynı araştırmacılar bu boyarmaddelerin tasfiyesinde polielektrolitle birlikte alum kullanılması halinde daha yüksek renk uzaklaştırması ve daha az polielektrolit kullanıldığını görmüşlerdir. %95 renk uzaklaştırması elde etmek için pH = 5 de 2 mg/lt Al^{+3} ile 4 mg/lt PEI 400, pH = 7 de ise 2 mg/lt Al^{+3} ile 15 mg/lt PEI 400 kullanmışlardır. Düşük pH'da kullanılan polielektrolit miktarının daha az olmasının sebebinin, polielektrolitin düşük pH'da daha fazla pozitif yüklü olduğu ve dolayısıyla boyarmaddenin yükünü azaltmak için gerekli polielektrolit miktarının da daha az olacağını belirterek açıklamışlardır. pH = 7.0 de 2 mg/lt Al^{+3} ile birlikte kullanarak PEI 400 konsantrasyonunu 18 mg/lt ye çıkardıklarında boyarmaddenin redispersiyona uğradığını görmüşlerdir. Yaptıkları elektroforetik mobilite ölçümleriyle, bunun sebebinin fazla polielektrolit kullanıldığında boyarmadde üzerindeki yükün tersine dönmesinin sonucu olduğunu göstermişlerdir.

Adı geçen araştırmacılar 10 dak. flokülasyon süresinden sonra polielektrolitlerin ve alumun boyarmadde ile koagülasyonunun filtre edilme özelliklerini de incelemişlerdir. Polimer yüzdesi %0-%100 arasında değiştiğinde pH = 7.0 de filtrasyon hızı da 0.2 ml/dak dan 0.65 ml/dak'ya, pH = 4,5 da polimer yüzdesi %0-%70 e kadar değiştiğinde filtrasyon hızının 0.3 ml/dk.da sabit kaldığını polimer yüzdesinin %70-%100 değişmesi halinde filtrasyon hızının 0.5 ml/dak yükseldiğini, pH = 5 de ise polimer yüzdesinin %0 dan %70'e yükselirken filtrasyon hızının da 0.3 ml/dk.dan 0.5 ml/dk.ya

yükseldiğini ve polimer yüzdesinin artmasına rağmen hızın değişmediğini belirtmişlerdir. $\text{pH} = 7.0$ de işletme maliyeti (kimyasal madde ve filtrasyon) polimer yüzdesi ile karşılaştırıldığında, polimer yüzdesinin %60-70 olduğu durumda optimum maliyetin elde edildiğini, bunun yalnız alum kullanılarak yapılan tasfiyeye göre %36 lık tasarruf sağladığını belirtmişlerdir.

Crowe, O'Melia ve Little dispers boyarmaddelerin koagülasyonu ile ilgili olarak yaptıkları çalışmalarda, bu boyarmaddelerin meydana getirdiği rengin koagülasyonla uzaklaştırılmasına etki eden faktörlerin ve klasik koagülantlarla stabilize edilen dispers boyarmaddelerin destabilizasyon mekanizmalarının açıklamasını yapmışlardır(27). Bu araştırmada sentetik katyonik, noniyonik (iyonik olmayan), anyonik polimerler ve alumu koagülant olarak kullanmışlardır. Değişik boyarmadde-koagülant bileşimleri için renk uzaklaştırmadaki değişimi boyarmadde konsantrasyonunun, dağıtıcı maddenin ve pH 'nin fonksiyonu olarak incelemişlerdir.

Bu çalışmada Dispers Yellow-3 ve Dispers Yellow-42 boyarmaddelerini, dağıtıcı madde olarak da negatif yüklü REAX-85 A maddesini kullanmışlardır.

Destabilize edici madde olarak Nalco 603, Nalco 7132 ve Cat-floc katyonik polimerlerini, Nalco 7744B anyonik polimerini, Nalco 5171 iyonik olmayan polimerini (nonionic) ve alumu kullanmışlardır.

Adı geçen araştırmacılar Nalco 603, Nalco 7132, Cat-floc ve REAX-85A nın 5 gr/lt lik çözeltilerinin asit-baz titrasyonları sonucunda, Cat-floc polimerinin $\text{pH} = 4 - 9$ arasında yük konsantrasyonunun sabit kaldığını ve bu konsantrasyonun, 4×10^{-3} mol/lt olduğunu bulmuşlardır. Nalco 603 ve Nalco 7132 daki pozitif yükün, pH 'nin 4 den itibaren artmasıyla azaldığını, pH 'nin 4 den 8.5 a kadar değişmesi halinde yükün artma sırasının polimerlere göre Cat-floc < Nalco 603 < Nalco 7132 olduğunu, REAX-85A dağıtıcı maddesinin $\text{pH} = 3.5$ tan itibaren arttığında daha fazla negatif yüklü olduğunu göstermişlerdir.

Bu araştırmacılar düşük konsantrasyonlarda polimerlerin kullanıldığı sistemlerdeki destabilizasyonun, polimer adsorbsiyonundan meydana geldiğini, orta polimer konsantrasyonlarında da, adsorbsiyonun boyarmadde parçacıklarını destabilize etmek ve agregasyonu sağlamak için yeterli olduğunu, daha yüksek polimer kon-

santrasyonlarında ise, fazla adsorbsiyon olduğunu ve boyarmadde parçacıklarının muhtemelen pozitif yükle yüklenerek tekrar stabilize olduğunu belirterek, her iki boyarmadde de, etkili renk gidermesi için gerekli polimer konsantrasyonunun pH'nın artması ile arttığını görmüşlerdir.

Sabit pH'da polimer tipinin renk gidermesine etkilerini de araştırarak, katyonik polimerlerin üçünün de destabilizasyonu sağladığını ve yüksek konsantrasyonlarda restabilizasyon verdiklerini, rengi uzaklaştırmak için gerekli optimum polimer konsantrasyonlarında önemli değişiklikler olduğunu, aynı renk uzaklaştırmasını sağlayan polimer miktarlarının Nalco 7132 < Nalco 603 < Cat-floc sırasında olduğunu belirtmişlerdir.

Aynı araştırmacılar boyarmadde tipinin koagülant ihtiyacına etkilerini araştırmışlar ve polimer olarak pH = 4 ve pH = 7 de Nalco 603 kullanmışlar ve koagülasyonun boyanın tipinden bağımsız olduğunu görmüşlerdir.

Boyarmadde konsantrasyonunun kullanılan koagülant konsantrasyonuna etkilerini incelemişlerdir. Bu deneylerde pH = 7.0 de Nalco 603 kullanarak stökiyometrik bir bağıntının olduğunu görmüşlerdir. Yani boyarmadde konsantrasyonunu iki katına çıkardıklarında, etkili renk uzaklaştırması için koagülant dozunu da iki katına çıkarmaları gerekmiştir.

Dağıtıcı madde konsantrasyonunun polimer konsantrasyonuna etkilerini araştırmak için boyarmadde konsantrasyonunu sabit tutmuşlar ve dağıtıcı madde konsantrasyonunu artırmışlardır. Polimer olarak pH = 7 de Nalco 603 kullandıklarında, polimer ihtiyacının dağıtıcı madde konsantrasyonuna bağlı olarak arttığını fakat tam bir stökiyometri bulunmadığını görmüşlerdir.

İyonik olmayan (nonionic) polimer kullanarak (Nalco 8171) pH = 7.0 de deneylere devam etmişlerdir. Sabit konsantrasyonda Disper Yellow-3 kullanarak polimer konsantrasyonunu değiştirmişler ve destabilizasyonun olmadığını görmüşlerdir.

Benzer deneyleri bir anyonik polimer olan Nalco 7744B kullanarak yapmışlardır. Bu deneylerde de sabit konsantrasyonda ve pH = 7.0 de Disper Yellow-3 kullanarak, polimer konsantrasyonunu değiştirmişler ve destabilizasyonun olmadığını görmüşlerdir.

Crowe, O'Melia ve Little alum ve Dispers Yellow kullanarak bir seri deneyler yapmışlardır. Alumun pH = 4.0 de etkili olmadığını, fakat pH = 5.5 ve pH = 7.0 de oldukça etkili olduğunu görmüşlerdir. Maksimum verimi pH = 5.5 de almışlardır. Alum konsantrasyonunun boyarmadde konsantrasyonu ile stökiyometrik olarak ilişkili olduğunu, dağıtıcı madde konsantrasyonunun artması ile alum konsantrasyonunun lineer olmayan bir şekilde arttığını görmüşlerdir.

Alumun pH=5.5 te pH = 7.0 den daha etkili olduğunu, bunun sebebinin de, bu pH'da daha büyük pozitif yüklü hidrokopolimerler meydana geldiğini ve negatif yüklü boyarmadde parçacıklarının daha iyi nötralle edilmeleri olduğunu belirtmişlerdir.

Davis, Koon ve Adams(28) büyük bir pamuklu-poliester dokuma fabrikasının boyahanesinden çıkan atık sular üzerinde araştırma yapmışlardır(28). Araştırmalarda iki çeşit atıksu kullanmışlardır. Bunlardan birincisi boyahane atık suyu, diğeri 2 kısım evsel atık su ve 2.5 kısım boyahane atık suyundan meydana gelen karışımdır.

Boyahane atık suyunun ortalama renk değerini 11300 APHA birimi, karışımın ortalama renk biriminin 7080 APHA birimi olduğunu, ve atık suların her zaman koyu mavi-gri renkte olduğunu görmüşlerdir.

Boyahane atık sularını aktif çamur tesisinde tasfiye ederek, ortalama %40 lık renk uzaklaştırması ve %95 lik BOI uzaklaştırması elde etmişlerdir. Atık suları, aktif çamur tesisinde tasfiye etmeden önce, rengi azaltmak için alum ile tasfiyeye tabi tutmuşlardır. Fakat alum ile yaptıkları bu ön tasfiyenin, biyolojik sistemin verimini artırmadığını görmüşlerdir.

Karıştırılmış atık suyu aktif çamur tesisi ile tasfiye ederek, ortalama %60 renk ve %93 lük BOI uzaklaştırması elde etmişlerdir.

Her iki atık suyun aktif çamur ile tasfiyesinde, tasfiye edilen atık suyun renk biriminin EPA tarafından tavsiye edilen 300 APHA renk biriminden oldukça fazla olduğunu görmüşlerdir.

Aynı araştırmacılar renk uzaklaştırmasında koagülant olarak kalsiyum oksit, demir-3-klorür, alum, sodyum hidroksit, sodyum alüminat kullanmışlardır.

Bu araştırmacılar aktif çamur tesisinden çıkan boyahane atık suyunun demir-3-klorür ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ile tasfiyesinde 300 APHA renk birimine ulaşabilmek için $\text{pH} = 6.5$ a ayarlanması halinde 500 mg/lt demir-3-klorür kullanmaları gerekmiştir. Bu deneyde %88 lik renk uzaklaştırması sağlamışlardır. Aynı atık suyun alum ile tasfiyesinde, pH ayarlaması yapmadan 250-300 mg/lt alum, $\text{pH} = 5.2$ ye ayarlayarak 300 APHA'ya ulaşmak için 200 mg/lt alum kullanmışlardır.

Aktif çamur tesisinden çıkan karıştırılmış atık suları demir-3-klorür ile $\text{pH} = 6.5$ a ayarlayarak yaptıkları tasfiyede 300 mg/lt koagülant kullanarak, %85 lik renk uzaklaştırması elde etmişlerdir.

Aktif çamur tesisinden çıkan boyahane atık sularını CaO ile koagülasyona tabi tutarak rengi 300 APHA ve daha aşağı indirmek için 300 mg/lt CaO kullanmışlar ve bu deney için optimum pH yı 9 bulmuşlardır.

Aktif çamur tesisinden çıkan boyahane atık suyunu sodyum alüminat ile tasfiye ederek rengi kabul edilebilir seviyeye indirmek için (300 APHA ve daha aşağı) 50-100 mg/lt sodyum alüminat kullanmışlardır.

Davis, Koon ve Adams boyahaneden çıkan ve aktif çamur tasfiyesine tabi tutulmayan atık suyun alum ile tasfiyesini araştırmışlardır. 300 APHA renk birimine ulaşabilmek için, pH ayarlamadan yaptıkları deneylerde 850 mg/lt, $\text{pH} = 5.2$ ye ayarladıktan sonra yaptıkları deneylerde ise 730 mg/lt alum kullanmışlardır. Buna göre, boyahane atık sularının rengini uzaklaştırmada kimyasal koagülasyonun biyolojik tasfiyeden sonra uygulanmasının etkili alternatif olduğunu belirtmişlerdir.

Aynı araştırmacılar, küçük bir boyama ve apreleme ünitesinden çıkan atık suyun tasfiyesi ile ilgili araştırmalar yapmışlardır.

Bu atık suyun anaerobik tasfiyesini yaparak %10 BOI ve %40 renk uzaklaştırması sağlamışlardır.

Kalsiyum oksit, alum, demir-3-klorür ve demir-2-sülfat kullanarak yaptıkları kimyasal koagülasyonda demir-3-klorürün en uygun koagülant olduğunu görmüşler ve 400 mg/lt demir-3-klorür ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kullanarak %60-80 renk uzaklaştırması elde etmişlerdir.

Atık suyun rengini gidermek için hidrojen peroksit ve kalsiyum hipoklorit kullanmışlardır. Atık suyun demir-3-klorür ile koagülasyonundan sonra, 500 mg/lt kalsiyum hipoklorit kullanılarak rengi tamamen gidermişlerdir. Hidrojen peroksit ile renk gidermenin çok yavaş olduğunu, pH = 12 de, 24 saat süreyle ancak yeterli bir renk gidermesi elde edildiğini belirtmişlerdir.

Adı geçen araştırmacılar bu tür atık suyun aktif karbon ile adsorbsiyonu deneylerinde KOI ve BOI nin büyük ölçüde azaldığını ve rengi tamamen uzaklaştırmanın mümkün olduğunu, fakat bunun için 4 gr/lt aktif karbon kullanmak gerektiğini belirtmişlerdir.

Turner ve Amwes North Lancashire tekstil fabrikasının atık suyunun tasfiyesi üzerine yaptıkları çalışmalar, en uygun koagülantın seçimi, üretilen çamur miktarının en düşük seviyede tutulması, tasfiyeden sonra suyun tekrar kullanılması ve kanalizasyona verilen su miktarının azaltılması konularını ihtiva etmiştir(29). Demir-2-sülfat, demir-3-sülfat ve alum kullanarak yaptıkları deneylerde pH = 7 de en düşük konsantrasyonda kabul edilebilir kalitede renk uzaklaştırmasını alum ile sağlamışlardır. Bundan dolayı pilot tesis çalışmasında koagülant olarak alumu kullanmışlardır. 250 mg/lt alum, 150 mg/lt kalsiyum hidroksit ve 1 mg/lt polielektrolit kullanarak yaptıkları tasfiyenin, işletme, bakım ve diğer maliyetlerle birlikte ekonomik olduğunu ve tasfiyeden çıkan suyun tekrar kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

BÖLÜM IV

4. TEKSTİL ATIK SULARINDAKİ BOYARMADDELERİN MAGNEZYUM KARBONAT-KALSİYUM OKSİT İLE KOAGÜLASYONU

4.1. MATERYAL ve METOD

Tekstil atık sularından koagülasyon ile rengin giderilmesiyle ilgili olarak yapılan çalışmalarda genellikle alüminyumlu ve demirli klasik metal koagülantlar ve sentetik polielektrolitler kullanılmıştır. Sentetik polielektrolitler çok pahalı olmaları ve teminindeki güçlüklerden dolayı uygulama alanı bulamamışlardır. Alüminyumlu ve demirli koagülantlar ise, birçok durumlarda rengin uzaklaştırılmasında etkili olmalarına rağmen, yüksek dozajda kullanılmaları gerekmektedir. Koagülasyon sonunda büyük miktarda çamur meydana geldiğinden bu çamurun giderilmesi gereklidir. Ayrıca bu klasik metal koagülantlar düşük ve belirli pH değerlerinde etkili olduklarından, tekstil fabrikalarından çıkan yüksek pH'lı atık suların, çeşitli maddeler ilavesiyle pH'larının düşürülerek uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bütün bunlar ise, koagülasyon maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Tekstil atık sularının yukarıda belirtilen klasik metal koagülantlarla tasfiyesinde ortaya çıkan problemlerin çözülmesi ve ülkemizde her geçen gün artan ve büyük boyutlara ulaşan bu sahadaki kirliliğin, ucuz, temini kolay ve yerli kaynaklardan elde edilen koagülantlarla ekonomik olarak tasfiyesi gayesiyle araştırmalar yapılmıştır.

4.1.1. Araç ve Gereç

4.1.1.1. Kullanılan Boyarmaddeler

Bu çalışmada kullanılan boyarmaddeler tekstil endüstrisindeki elyafların (pamuk, keten, jüt, kenevir, yün, ipek, naylon, poliester, akrilik, modakrilik ve karışım elyaf vs.) boyanmasında kullanılan boyarmaddelerden seçilmiştir. Bu boyarmaddelerden Indantren Grey GG-Colloisol, Indantren Orange RR-Colloisol, Palanil Brilliant Blue BGF, Palanil Rubine BN, Basilen Yellow M-2R, Basilen Turquoise M-2G, boyarmaddeleri BASF (Badische Anilin Soda Fabrik A.G.) firmasından, Reaktif Mavi 114, Reaktif Kırmızı 124, Direkt Orange 107, Direkt Siyah 117, Asit Mavi 40, Asit Sarı 17, Bazik Kırmızı 41, Bazik Kırmızı 2L boyarmaddeleri de SANDOZ firmasından temin edilmiştir.

4.1.1.2. Seçilen Koagülant

Deneylerde Staufen i. Breisgau marka %99 saflıkta magnezyum karbonat, Merck marka %99 saflıkta CaO ve geri devir deneylerinde ticari marka %88 saflıkta Ca(OH)_2 kullanılmıştır.

Suların diğer koagülantlarla birlikte, özellikle alüminyumlu ve demirli koagülantlarla tasfiyesinde meydana gelen çamurun giderilmesi oldukça zor ve pahalıdır. Roberts ve Morgan, Roddy ve Fulton çamur probleminin çözümüyle ilgili olarak, alüminyum sülfürik asitle yeniden kazanılmasıyla ilgili çalışmalar yapmışlardır(30)(31). Fakat araştırmacılar bu tasfiyede demir, mangan ve organik maddelerin meydana getirdiği rengin uzaklaştırılamadığını ve tekrar kullanılan alüminyum ihtiyacının arttığını belirtmişlerdir.

Magnezyumun koagülant olarak kullanılmasıyla ilgili olarak geçmişte bazı çalışmalar yapılmıştır. Flentje magnezyum klorürün etkili bir koagülant olduğunu belirtmektedir(32). Lacompte kalsiyum bikarbonat ihtiva eden suya magnezyum oksit ilave ederek, magnezyum karbonatı elde etmiş ve bu maddeyi Mg(OH)_2 halinde çöktirmek için Ca(OH)_2 ile reaksiyona sokmuştur. Fakat bu araştırmacı

çalışmalarında geri devir işlemini uygulamamıştır(33). Thomson, Singley ve Black ematilit ve montmorilonit killeri kullanarak hazırladıkları su numuneleri ile çeşitli nehirlerden aldıkları tabii su numunelerinin magnezyum karbonat-kalsiyum hidroksit ile tasfiyesini ve koagülantın geri devrettirilmesiyle ilgili çalışmalar yapmışlardır(34), (35). Deneylerde yardımcı koagülant olarak alum ve anyonik nişasta (Hamaco 196) kullanmışlardır. Araştırmacılar bu koagülantın bulanıklık ve organik rengin uzaklaştırılmasında oldukça etkili olduğunu, geri kazanılmasının çamur probleminin çözümüne bir alternatif getirdiğini, sulardaki bikarbonatın karbonata dönüştürülerek yumuşatılmasını sağladığını, koagülasyon yüksek pH da ($\text{pH} > 11$) meydana geldiğinden dezenfeksiyon sağlayarak ön klorlamayı kaldırdığını, demir ve mangani giderdiğini belirtmişlerdir.

Nehir sularının ve killi su numunelerinin tasfiyesinde çok iyi sonuçlar verdiği görülen bu koagülantlar, tekstil atık sulardaki boyarmaddelerin tasfiyesinde ortaya çıkan problemlerin çözümü ve tasfiyenin ekonomik olarak yapılması için bu çalışmada da koagülant olarak kullanılmışlardır.

4.1.1.3. Kullanılan Aletler

4.1.1.3.1. Spektrofotometre

Boya numunelerinin absorbensları Double-Beam UV-150-02 model spektrofotometre ile ölçülmüştür. Maksimum absorbansa karşı gelen dalga boyunun tayini, hazırlanan stok çözeltiden alınan numunenin değişik dalga boylarına karşı gelen absorbensları ölçülerek maksimum absorbansa karşı gelen dalga boyu, o numune için karakteristik dalga boyu olarak alınmış ve diğer absorbens ölçümleri bu dalga boyunda yapılmıştır.

4.1.1.3.2. Kavanoz Aleti ve Tek Karıştırıcı

Koagülasyon ve geri devir deneyleri Janke-Kunkel KG IKA Werk model kavanoz aleti ve MLW model tek karıştırıcı kullanılarak yapılmıştır.

4.1.1.3.3. Magnetik Karıştırıcı

Stok boya çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılmıştır.

Santrifüj.

Absorbans ölçümlerinden önce numuneler santrifüj edilmiştir. Deneylerde Janetzki T30 model santrifüj kullanılmıştır.

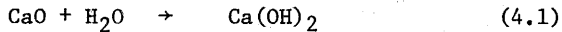
pH Metre.

pH ölçümleri Perkin-Elmer Coleman model pH metre ile yapılmıştır.

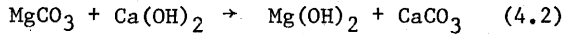
4.1.2. Magnezyum Karbonat-Kalsiyum Oksit ile Koagülasyonun Kimyasal Esasları

Magnezyum karbonat-kalsiyum oksit karışımı ile koagülasyonda teorik olarak üç değişik mekanizma etkili olabilir. Bu mekanizmalar çift tabakanın sıkışması, adsorbsiyon ve çökelti ağı içine alma mekanizmalarıdır. Koagülasyon ile pH arasında bağıntı kurabilmek için meydana gelen maddelerin çözünürlüklerinin bilinmesi gerekmektedir.

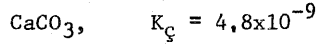
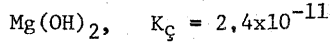
CaO suda çözünerek aşağıdaki reaksiyona göre Ca(OH)_2 e dönüşür.



MgCO_3 ile Ca(OH)_2 arasındaki reaksiyon aşağıdaki şekildedir(36).

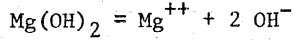


Bu reaksiyon sonunda meydana gelen ürünlerin 25°C deki çözünürlük sabitleri aşağıda verilmiştir(37),(38).



Çözünürlük sabitlerinden faydalanarak her maddenin çözünürlüğü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır(38).

Mg(OH)_2 için,



$$K_{\text{Ç}} = \{\text{Mg}^{++}\} \{\text{OH}^-\}^2$$

$$\text{OH}^- = 2\{\text{Mg}^{++}\}$$

$$K_{\text{Ç}} = \{\text{Mg}^{++}\} \{2\text{Mg}^{++}\}^2$$

$$K_{\text{Ç}} = 4\{\text{Mg}^{++}\}^3$$

$$\text{Çözünürlük} = \{\text{Mg}^{++}\} = \left(\frac{K_{\text{Ç}}}{4}\right)^{1/3}$$

$$\text{Çözünürlük} = \left(\frac{2,4 \times 10^{-11}}{4}\right)^{1/3}$$

$$\text{Çözünürlük} = 1,818 \times 10^{-4} \text{ mol/lit}$$

Mg(OH)_2 in çökmesi için gerekli minimum pH aşağıdaki şekilde bulunmuştur(38).

$$\{\text{OH}^-\} = 2\{\text{Mg}^{++}\} \text{ idi}$$

$$\{\text{OH}^-\} = 2 \times 1,818 \times 10^{-4}$$

$$\{\text{OH}^-\} = 3,636 \times 10^{-4}$$

$$\text{pOH} = -\log\{\text{OH}^-\}$$

$$\text{pOH} = -\log(3,636 \times 10^{-4})$$

$$\text{pOH} = 3,44$$

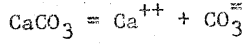
pH + pOH = 14 olduğundan,

$$\text{pH} = 14 - 3,44$$

$$\text{pH} = 10,56$$

olmalıdır.

CaCO₃ için;



$$K_{\text{ç}} = \{\text{Ca}^{++}\}\{\text{CO}_3^{--}\}$$

$$\{\text{Ca}^{++}\} = \{\text{CO}_3^{--}\}$$

$$\text{Çözünürlük} = \{\text{Ca}^{++}\}$$

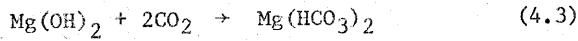
$$\text{Çözünürlük} = (K_{\text{ç}})^{1/2}$$

$$\text{Çözünürlük} = (4,8 \times 10^{-9})^{1/2}$$

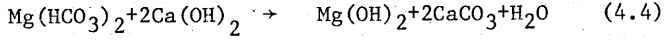
$$\text{Çözünürlük} = 6,93 \times 10^{-5} \text{ mol/lit}$$

Yukarıdaki hesaplamalardan da görüldüğü gibi Mg(OH)₂ ve CaCO₃ ün çözünürlükleri çok düşük olduğundan reaksiyon sonunda çökmektedirler.

Reaksiyon (4.2) den görüldüğü gibi, Mg(OH)₂ halinde çöken magnezyum, geri kazanılabilir. Bunun için pH'ı düşürerek Mg(OH)₂ yi çözmek gerekmektedir. Çözücü olarak CO₂ kullanılmıştır. Reaksiyon aşağıdaki şekildedir.



Mg(HCO₃)₂ halinde çözünen magnezyum tekrar koagülasyon işlemine alınır ve Ca(OH)₂ ilave edilerek aşağıdaki reaksiyona göre çöktürülür.



Magnezyumun geri kazanılması ve tekrar kullanılması (4.3) ve (4.4) reaksiyonlarının uygulanması ile sürekli tekrarlanabilir.

4.1.3. Deney Metodu

Her boyarmadde ile koagülasyon mekanizmasını ve koagülantın geri devir konsantrasyonunu tayin etmek için kavanoz deneyleri aşağıdaki sıra ile yapılmıştır. Deneylerdeki renk giderme verimi absorbands ölçülmesiyle bulunmuştur.

- a) MgCO_3 ile yapılan deneyler,
- b) CaO ile yapılan deneyler,
- c) CaO konsantrasyonunu 250 mg/lt de sabit tutup, MgCO_3 miktarını değiştirerek yapılan deneyler,
- d) MgCO_3 ve CaO miktarlarının stökiyometrik oranlarda kullanıldığı deneyler,
- e) Yukarıda yapılan deneylerin sonunda, en iyi renk uzaklaştırması (MgCO_3 - CaO) in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı deneylerden elde edilmiştir. Bu koagülant konsantrasyonları arasından geri devir için en uygun konsantrasyon tayin edilerek, bu konsantrasyonda CaO ile bir geri devir deneyi yapılmıştır.

Yukarıdaki deneylerde, stok boyarmadde çözeltilerinin ve koagülant çözeltilerinin hazırlanmasında saf su kullanılmıştır. Saf su kullanılmasının sebebi, koagülantlarla boyarmadde tane-cikleri arasındaki reaksiyonlarda, safsızlıklardan dolayı meydana gelebilecek etkileşimleri ortadan kaldırmak içindir.

- f) Musluk suyu kullanarak hazırlanan boyarmadde çözeltisi ile, önceki deneyde belirlenen geri devir konsantrasyonunda MgCO_3 - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kullanarak yapılan ön deneyden elde edilen çökeltili ile on defa geri devir deneyleri yapılmış ve geri kazanılan ve devrettirilen koagülantın boyarmaddenin koagülasyonunda etkili olup-olmadığı araştırılmıştır.

g) Bu deneylerde, musluk suyu ile hazırlanan boyarmadde çözeltisine, 200 mg/lt konsantrasyonunda NaOH ilave ederek, çözeltilinin pH ≥ 11 yapılmıştır. Bunun sebebi, tekstil fabrikaları atık sularının pH değerinin ortalama bu değerde bulunmasıdır(25),(39). Bu deneyde tayin edilen geri devir konsantrasyonunda ön deney yapıldıktan sonra, elde edilen çökelti ile beş defa geri devir deneyleri yapılmış ve geri kazanılan koagülantın tekstil atık sularının bulunduğu pH değerinde (pH ≥ 11) etkili olup-olmadığı araştırılmıştır.

h) Aynı tür boyarmaddenin başka bir rengi ile musluk suyu kullanarak hazırlanan boyarmadde çözeltisine, 200 mg/lt konsantrasyonunda NaOH ilave ederek, çözeltilinin pH ≥ 11 yapılmıştır. Bu deneyde de geri devir konsantrasyonunda ön deney yapıldıktan sonra, beş defa geri devir deneyleri yapılmıştır. Bu deneyle, kullanılan koagülantların boyarmaddenin başka bir rengini uzaklaştırmak için etkili olup-olmadığı araştırılmıştır.

ı) Tekstil fabrikalarında her üniteden çıkan atık sular ana kanalda toplanarak alıcı ortama verilmektedir. Bu husus göz önünde bulundurularak, ayrı ayrı koagülasyon özelliklerinin incelendiği boyarmaddelerin hepsi karıştırılarak, musluk suyu ile çözeltisi hazırlanmıştır. 200 mg/lt NaOH ilave edilerek çözeltilinin pH = 11.2 yapılmış ve tekstil atık sularına uygun hale getirilmiştir. Tayin edilen geri devir konsantrasyonunda ön deney yapıldıktan sonra, beş defa geri devrettirme deneyleri yapılmış ve geri devrettirilen koagülantın boyarmadde karışımının koagülasyonunda etkili olup-olmadığı araştırılmıştır.

4.1.3.1. Deneylerin Yapılışı

Stok çözeltiler 75 mg/lt boyarmadde ihtiva edecek şekilde magnetik karıştırıcıda 10 dak. karıştırılarak hazırlanmıştır.

Daha önce belirtilen (a), (b), (c), ve (d) deneyleri şu şekilde yapılmıştır. Her 1 lt lik behere 800 ml boya çözeltisi konmuştur. Değişik miktarlardaki $MgCO_3$ ın 100 ml saf sudaki karışımı hazırlanmış ve bu karışım boya çözeltisine ilave edilerek 4 dak. 100 dev/dak. hızla karıştırılmıştır. CaO in de beraber kullanıldığı deneylerde, değişik miktarlardaki CaO 100 ml

saf suya konarak karıştırıldıktan sonra 100 dev/dak. hızla karışan $MgCO_3$ -boya karışımına ilave edilmiş ve bu hızda 6 dak.ya daha karıştırılmıştır. Bundan sonra karıştırma hızı 45 dev/dak. düşürülerek, karıştırma işlemine 30 dk. daha devam edilmiştir.

Bu süre sonunda karıştırma işlemi durdurularak karışım çökelmeye bırakılmıştır. 2 saat bekleme süresinden sonra kaptaki su yüzeyinin 3 cm aşağısından numune alınarak, santrifüjde 1 dak. tutulmuş ve spektrofotometrede absorbanı ölçülmüştür.

Yüzde renk uzaklaştırılması aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

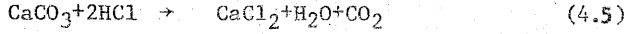
$$\% \text{ Uzaklaştırma} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100$$

A_1 : Stok çözeltinin absorbanı

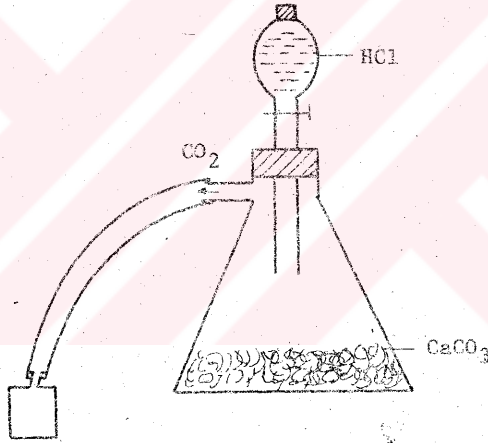
A_2 : Numunenin deney sonunda ölçülen absorbanı,

Geri devir deneyleri şu şekilde yapılmıştır. $MgCO_3$ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde renk uzaklaştırma veriminde en fazla artışın olduğu koagülant dozajlarında geri devir deneyleri yapılarak optimum koagülant dozajı tayin edilmiştir. Bu dozajda koagülant ilave edilerek deney yapıldıktan sonra, karışım çökelmeye bırakılmıştır. Çökme süresi sonunda 1 lt lik karışımın %90 ı üstten sifon edilerek alınmış, geriye kalan çökelti manyetik karıştırıcıda hızla 1 dak. karıştırılarak iyice dağılması sağlanmıştır. Karıştırma hızı düşürülmüş ve karıştırma devam ederken, özel bir düzenekle elde edilen CO_2 çökeltinin içinden geçirilmiştir. CO_2 geçirilirken çökeltinin karıştırılmasının sebebi, CO_2 habbeciklerinin çökelti içinde dağılmasını sağlayarak reaksiyonu kolaylaştırmak içindir. CO_2 geçirilirken çökeltinin pH'sı pH metre ile ölçülmüş ve pH = 7.0 olana kadar CO_2 geçirme işlemine devam edilmiştir. CO_2 geçirme işlemi tamamlandıktan sonra, çökelti alınarak karıştırıcıya yerleştirilmiştir. Çökeltinin üzerine 800 ml boya çözeltisi ilave edilerek 100 dev/dak. 4 dak. karıştırılmıştır. 100 ml suda çözünerek hazırlanan $Ca(OH)_2$ bu karışıma ilave edilmiş ve 6 dak. karıştırılmıştır. Bu süre sonunda karıştırma hızı 45 dev/dak.ya düşürülerek 30 dak. yavaşça karıştırılmıştır. Karıştırma durdurularak, 1 saat bekletilmiştir. Kaptaki su yüzeyinin 3 cm aşağısından numuneler alınarak santrifüj edilmiş ve spektrofotometrede absorbanları ölçülmüştür.

Deneylerde CO_2 , CaCO_3 ile HCl arasındaki aşağıda gösterilen reaksiyondan faydalanılarak elde edilmiştir(37).



Bu reaksiyon aşağıdaki düzenekte gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.1. CO_2 elde etme düzeneği.

Şekil 4.1. deki düzeneğin haznesinde bulunan CaCO_3 üzerine damla damla HCl ilave edilmiş ve CO_2 gazı bir dağıtıcıdan geçirilerek karışıma gönderilmiştir.

4.2. DENEY NETİCELERİ ve MÜNAKAŞASI

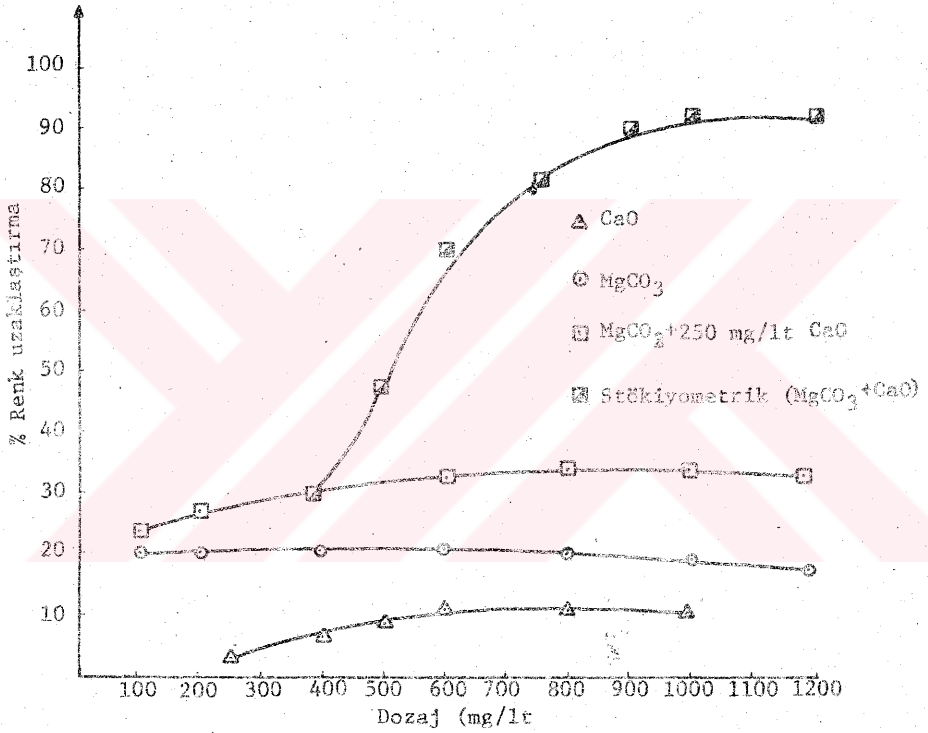
Indantren Grey GG-Colloisol boyarmaddesinin (dalga boyu = 613 nm) saf su ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin $MgCO_3$ ile koagülasyonunda max. %20.3 renk uzaklaştırması 600 mg/lt $MgCO_3$ dozajında elde edilmiştir. Dozajın daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH reaksiyon sonunda 8.3 ile 9.7 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 1).

Bu boyarmaddenin CaO ile koagülasyonunda max. %11.1 renk uzaklaştırması 800 mg/lt lik CaO dozajında elde edilmiştir. Bu koagülant dozajının da daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 10.8 ile 11.6 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 2).

$Mg(OH)_2$ çökeltisinin meydana gelebilmesi için pH = 10.56 olması gerektiği Bölüm 4.1.2 de belirtilmiştir. Yapılan deneyler sonunda çözeltinin pH sınırı pH $\geq$ 11.0 yapmak için 250 mg/lt CaO in yeterli olduğu bulunmuştur.

CaO dozajının sabit tutulup (250 mg/lt) $MgCO_3$ dozajının değiştirildiği koagülasyon deneylerinde max. %34.3 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt $MgCO_3$ + 250 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 11.0 ile 11.1 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 3). Bu deneyde renk uzaklaştırma verimini $MgCO_3$ ile CaO in reaksiyonu sonunda meydana gelen $Mg(OH)_2$ ve $CaCO_3$ in artırdığı düşünülerek, bu çökeltilerin daha fazla meydana gelmelerini sağlamak için $MgCO_3$ ve CaO stökiyometrik oranlarda kullanıldığında, max.%92.2 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt $MgCO_3$ + 660 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 11.0 ile 11.5 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 4).

Şekil 4.2 den görüldüğü gibi $MgCO_3$ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde renk uzaklaştırma verimindeki en fazla artış 375 mg/lt ile 750 mg/lt $MgCO_3$ dozajları arasındaki bölgede olmuştur. 600 mg/lt $MgCO_3$ ve 400 mg/lt CaO dozajında yapılan koagülasyon deneyi sonunda meydana gelen çökelti devrettirilerek (recycle) 600 mg/lt CaO ilavesiyle %98.5 renk uzaklaştırılması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 10.8 değerini almıştır.(Ek.Tablo 5).



Şekil 4.2. Indantren Grey-GG Colloisol boyarmaddesi için koagülant dozuna karşı yüzde renk uzaklaştırma eğrileri.

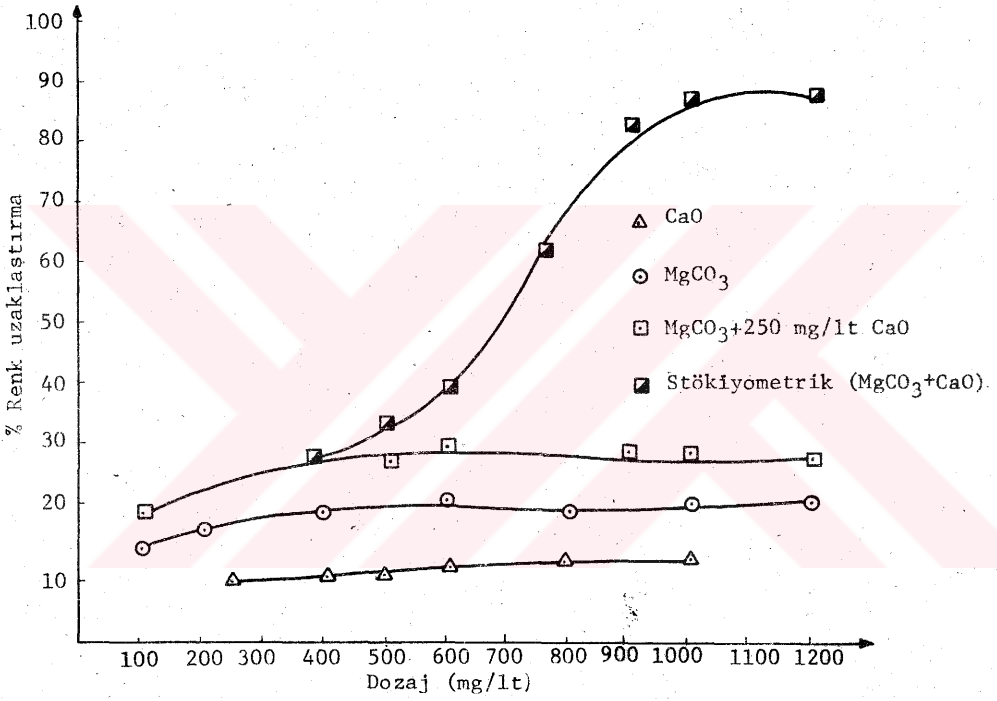
Aynı boyarmaddenin musluk suyu ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin 600 mg/lt $MgCO_3$ ve %88 lik ticari kalite 600 mg/lt $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %99.5 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 7.2 olan pH, reaksiyon sonunda 11.7 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 800 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %98-99.8 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 7.2 olan pH, reaksiyon sonunda 11.0 ile 11.2 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 6).

Musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.2 ye getirilmiş 75 mg/lt lik boyarmadde çözeltisinin 600 mg/lt $MgCO_3$ ve 600 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %98.2 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.2 olan pH, reaksiyon sonunda 12.3 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1000 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %99.6-99.8 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. pH koagülasyon sonunda 11.0 ile 11.1 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 7).

Indantren Orange RR-Colloisol boyarmaddesinin (dalga boyu = 355 nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.2 ye getirilmiş 75 mg/lt lik çözeltisinin 600 mg/lt $MgCO_3$ ve 600 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %99.8 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon sonunda pH = 11.7 değerini almıştır. Meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 800 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %99.8-99.9 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon sonunda pH, 10.9 ile 11.0 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 8).

Palanil Brilliant Blue BGF boyarmaddesinin (dalga boyu = 603 nm) saf su ile hazırlanmış 75 mg/lt boyarmadde ihtiva eden çözeltisinin $MgCO_3$ ile koagülasyonundan max. %23.3 renk uzaklaştırması 600 mg/lt $MgCO_3$ dozajında elde edilmiş ve dozajın daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 10.0 ile 10.3 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 9).

Bu boyarmaddenin CaO ile koagülasyonunda, max.%14.2 renk uzaklaştırması 800 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Dozajın daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 12.1 ile 12.8 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 10).



Şekil 4.3. Palanil Brilliant Blue BGF boyarmaddesi için koagülant dozuna karşı yüzde renk uzaklaştırma eğrileri.

CaO dozajının sabit tutulup (250 mg/lt) $MgCO_3$ dozajının değiştirildiği koagülasyon deneylerinde max. %32 renk uzaklaştırması 600 mg/lt $MgCO_3$ + 250 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 11.3 ile 11.9 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 11).

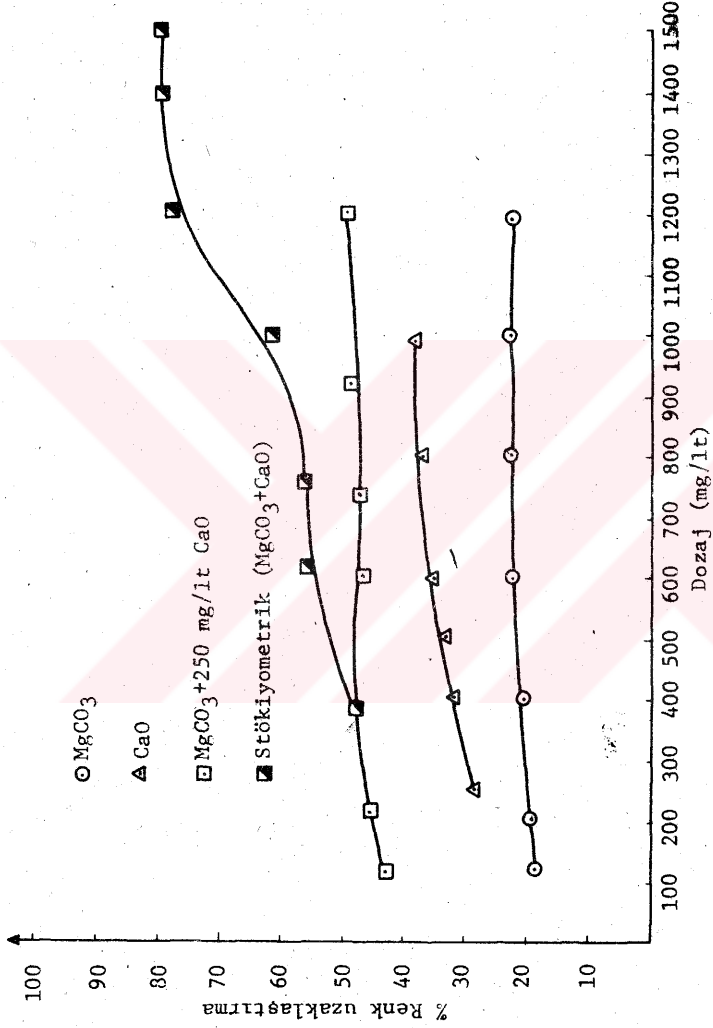
$MgCO_3$ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde max. %90.1 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt $MgCO_3$ + 660 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH'nın reaksiyon sonunda 11.9 ile 12.2 arasında değerler aldığı bulunmuştur (Ek. Tablo 12).

Şekil 4.3 den görüldüğü gibi $MgCO_3$ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde renk uzaklaştırma veriminde en fazla artış 600 mg/lt ile 1000 mg/lt $MgCO_3$ dozajları arasında olmuştur. 900 mg/lt $MgCO_3$ ve 600 mg/lt CaO dozajında yapılan koagülasyon deneyi sonunda meydana gelen çökelti devrettirilerek 800 mg/lt CaO ilavesiyle %99.7 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.4 olan pH, reaksiyon sonunda 11.2 değerini almıştır (Ek. Tablo 13).

Bu boyarmaddenin musluk suyu ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin 900 mg/lt $MgCO_3$ ve 900 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %99.8 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 7.4 olan pH, reaksiyon sonunda 12.0 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 1000 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %99.8-99.6 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 7.4 olan pH, reaksiyon sonunda 10.9 ile 11.1 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 14).

Musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.3 e çıkarılmış 75 mg/lt lik boyarmadde çözeltisinin 900 mg/lt $MgCO_3$ ve 900 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %98 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon sonunda pH = 12.2 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1200 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %99.6-99.4 renk uzaklaştırılması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.3 olan pH, reaksiyon sonunda 11.4 ile 11.3 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 15).

Palanil Rubine BN boyarmaddesinin (dalga boyu = 355 nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.2 ye getirilmiş 75 mg/lt lik çözeltisinin 900 mg/lt $MgCO_3$ ve 900 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$



Şekil 4.4. Basilen Yellow M2R boyarmaddesi için koagülant dozuna karşı yüzde renk uzaklaştırma eğrileri.

ile koagülasyonunda %98.2 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon sonunda pH = 12.3 değerini almıştır. Meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1400 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ilavesiyle %98.6-99.5 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.2 olan pH, reaksiyon sonunda 11.3 ile 11.2 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 16).

Basilen Yellow M2R boyarmaddesinin (dalga boyu = 308 nm) saf su ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin MgCO_3 ile koagülasyonunda max. %24.4 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt MgCO_3 dozajında elde edilmiş ve dozajın daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 9.7 ile 10.4 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 17).

Bu boyarmaddenin CaO ile koagülasyonunda, max. %41.6 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.7 ile 12.3 arasında değerler almıştır (Tablo 18).

CaO dozajının sabit tutulup (250 mg/lt), MgCO_3 dozajının değiştirildiği koagülasyon deneylerinde max. %50.9 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt MgCO_3 + 250 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.4 ile 11.7 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 19).

MgCO_3 ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde max. %82.1 renk uzaklaştırması 1500 mg/lt MgCO_3 + 1000 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH reaksiyon sonunda 11.1 ile 11.5 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 20).

Şekil 4.4 den görüldüğü gibi, MgCO_3 ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde renk uzaklaştırma verimindeki en fazla artış 1000 mg/lt ile 1500 mg/lt MgCO_3 dozajları arasında olmuştur. 1400 mg/lt MgCO_3 ve 930 mg/lt CaO dozajında yapılan koagülasyon deneyi sonunda meydana gelen çökelti devrettirilerek 800 mg/lt CaO ilavesiyle %98.3 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.8 değerini almıştır (Ek. Tablo 21).

Bu boyarmaddenin musluk suyu ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin 1400 mg/lt MgCO_3 ve 1400 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ile koagülasyonunda %82.5 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koa-

gölasyon başlangıcında 7.3 olan pH, reaksiyon sonunda 12.0 değerini almıştır. Meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 2200 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ilavesiyle %88-90 renk uzaklaştırması elde edilmiş, Ca(OH)_2 dozajının daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. pH koagölasyon sonunda 11.7 ile 11.9 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 22).

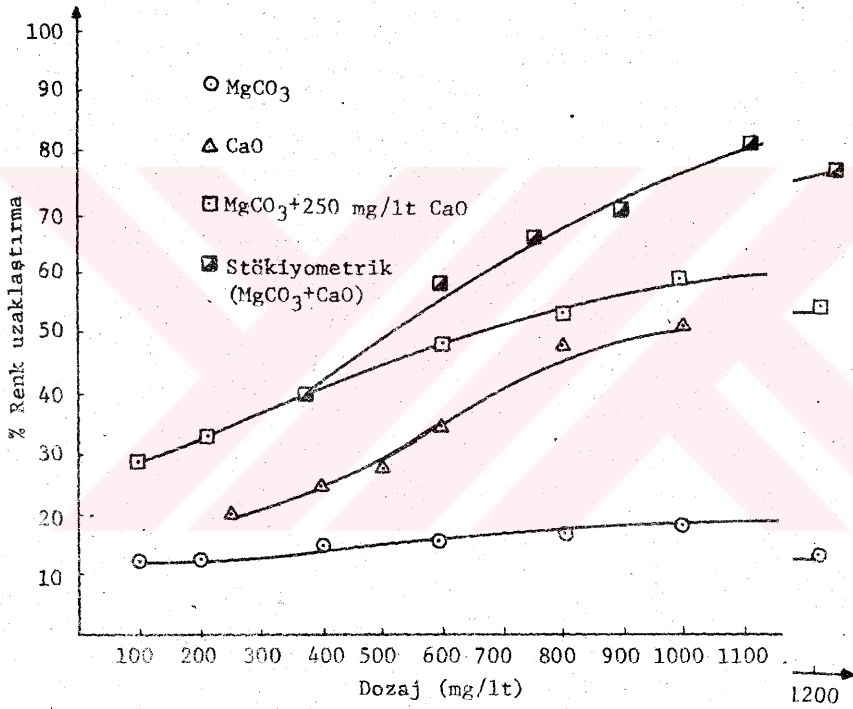
Musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.0 e çıkarılmış 75 mg/lt boyarmadde çözeltisinin 1400 mg/lt MgCO_3 ve 1400 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ile koagölasyonunda %80.0 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagölasyon sonunda pH = 12.5 bulunmuştur. Meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 2400 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ilavesi ile %96 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagölasyon başlangıcında 11.0 olan pH, reaksiyon sonunda 12.8 ile 13.0 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 23).

Basilen Turquoise M-2G boyarmaddesinin (dalga boyu = 575nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.2 ye getirilmiş 75 mg/lt lik çözeltisinin 1400 mg/lt MgCO_3 ve 1400 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ile koagölasyonunda %96 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve koagölasyon sonunda pH = 12 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde %99.6-99.3 renk uzaklaştırması elde edebilmek için 2800 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 kullanmak gerekmiştir. Koagölasyon başlangıcında 11.2 olan pH, reaksiyon sonunda 12.0 ile 12.3 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 24).

Reaktif Mavi 114 boyarmaddesinin (dalga boyu = 612 nm) saf su ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin MgCO_3 ile koagölasyonunda max. %19.7 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt MgCO_3 dozajında elde edilmiştir. Koagölasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 10.2 ile 10.3 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 25).

Bu boyarmaddenin CaO ile koagölasyonunda max. %51.4 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagölasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.8 ile 12.5 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 26).

CaO dozajının sabit tutulup (250 mg/lt), MgCO_3 dozajının değiştirildiği koagölasyon deneylerinde max. %61.2 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt MgCO_3 + 250 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagölasyon başlangıcında 6.0 olan pH reaksiyon sonunda 11.0 ile 11.9 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 27).



Sekil 4.5. Reaktif mavi 114 boyarmaddesi için koagüla dozuna kare renk uzaklaştırma eğrileri.

nt

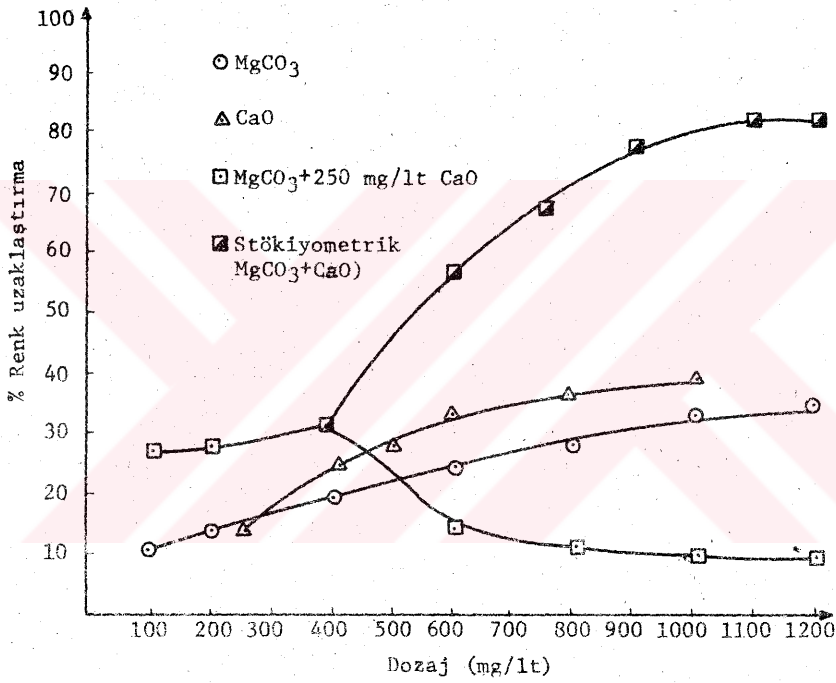
$MgCO_3$ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde max. %83 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt $MgCO_3$ + 800 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.4 ile 12.2 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 28).

Şekil 4.5 den görüldüğü gibi, $MgCO_3$ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde renk uzaklaştırma verimindeki en fazla artış 600 mg/lt ile 1200 mg/lt $MgCO_3$ dozajları arasında olmuştur. 1200 mg/lt $MgCO_3$ ve 800 mg/lt CaO dozajında yapılan koagülasyon deneyi sonunda meydana gelen çökelti devrettirilerek 1200 mg/lt CaO ilavesiyle %92.3 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve CaO dozajının artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.5 değerini almıştır (Ek. Tablo 29).

Bu boyarmaddenin musluk suyu ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin 1200 mg/lt $MgCO_3$ ve 1200 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %80.9 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 7.2 olan pH, reaksiyon sonunda 12.3 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 2000mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %93.2-92.5 renk uzaklaştırması elde edilmiş, $Ca(OH)_2$ dozajının daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 7.2 olan pH, reaksiyon sonunda 11.6 ile 11.8 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 30).

Musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.3 e çıkarılmış 75 mg/lt lik boyarmadde çözeltisinin 1200 mg/lt $MgCO_3$ ve 1200 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %92 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve koagülasyon sonunda pH = 13.0 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 2000 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %98.6-98.4 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.3 olan pH, reaksiyon sonunda 12.7 ile 12.8 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 31).

Reaktif Kırmızı 124 boyarmaddesinin (dalga boyu = 544 nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.2 ye getirilmiş 75 mg/lt lik çözeltisinin 1200 mg/lt $MgCO_3$ ve 1200 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %97 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve koagülasyon sonunda pH = 13 bulunmuştur. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 2000 mg/lt



Sekil 4.6. Direkt orange 107 boyarmaddesi için koagülant dozuna karşı yüzde renk uzaklaştırma eğrileri.

%88 lik $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesiyle %98-99 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.2 olan pH, reaksiyon sonunda 12.0 ile 12.3 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 32).

Direkt Orange 107 boyarmaddesinin (dalga boyu = 355 nm) saf su ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin MgCO_3 ile koagülasyonunda max. %35 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt MgCO_3 dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 9.8 ile 10.6 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 33).

Bu boyarmaddenin CaO ile koagülasyonunda max. %39 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.6 ile 12.5 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 34).

CaO dozajının sabit tutulup (250 mg/lt), MgCO_3 dozajının değiştirildiği koagülasyon deneylerinde max. %29.6 renk uzaklaştırması 375 mg/lt MgCO_3 + 250 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 10.4 ile 11.9 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 35).

MgCO_3 ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde max. %82.7 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt MgCO_3 + 800 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 10.8 ile 11.8 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 36).

Şekil 4.6 dan görüldüğü gibi, MgCO_3 ve CaO stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde renk uzaklaştırma verimindeki en fazla artış, 750 mg/lt ile 1200 mg/lt dozajları arasında olmuştur. 900 mg/lt MgCO_3 ve 600 mg/lt CaO dozajında yapılan koagülasyon deneyi sonunda meydana gelen çökelti devrettirilerek 800 mg/lt CaO ilavesiyle %99.4 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Bu deneyde de başlangıçta 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 10.8 değerini almıştır (Ek. Tablo 37).

Bu boyarmaddenin musluk suyu ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin 900 mg/lt MgCO_3 ve 900 mg/lt %88 lik $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile koagülasyonunda %82 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 7.7 olan pH, reaksiyon sonunda 11.4 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 1300 mg/lt $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesiyle

%99.4-99.9 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Bu deneylerde de, başlangıçta 7.7 olan pH, reaksiyon sonunda 11.0 ile 11.3 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 38).

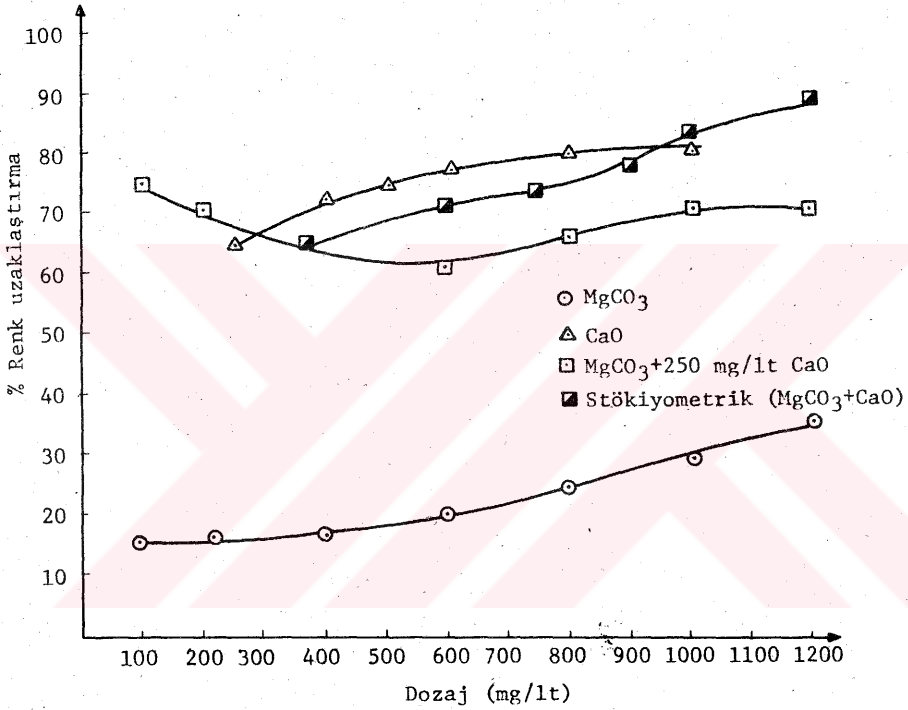
Musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.3 e çıkarılmış 75 mg/lt lik bu boyarmadde çözeltisinin 900 mg/lt $MgCO_3$ ve 900 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ kullanılarak yapılan koagülasyonunda %80.8 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve reaksiyon sonunda pH = 11.2 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelte beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1400 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %99.8-99.9 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Reaksiyon sonunda pH, 10.7 ile 10.8 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 39).

Direkt Siyah 117 boyarmaddesinin (dalga boyu = 547 nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.3 e getirilmiş 75 mg/lt lik çözeltisinin 900 mg/lt $MgCO_3$ ve 900 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunda %80 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve reaksiyon sonunda pH = 11.2 bulunmuştur. Bu deney sonunda meydana gelen çökelte beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1400 mg/lt %88 lik $Ca(OH)_2$ ilavesiyle %99.8-99.9 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.3 olan pH, reaksiyon sonunda 10.7 ile 10.8 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 40).

Asit Mavi 40 boyarmaddesinin (dalga boyu = 614 nm) saf su ile hazırlanmış 75 mg/lt lik çözeltisinin $MgCO_3$ ile koagülasyonunda max. %36 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt $MgCO_3$ dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 10.2 ile 10.6 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 41).

Bu boyarmaddenin CaO ile koagülasyonunda max. %81.2 renk uzaklaştırması 1000 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. CaO dozajının 400 mg/lt den itibaren artışı renk uzaklaştırma veriminde büyük bir artış meydana getirmemiştir. Koagülasyon başlangıcında 6,0 olan pH, reaksiyon sonunda 12.0 ile 12.6 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 42).

CaO dozajının 250 mg/lt de sabit tutulup, $MgCO_3$ dozajının değiştirildiği koagülasyon deneylerinde max. %74.6 renk uzaklaştırması 100 mg/lt $MgCO_3$ + 250 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 10.6 ile 12.0 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 43).



Sekil 4.7. Asit mavi 40 boyarmaddesi için koagülant dozuna karşı yüzde renk uzaklaştırma eğrileri.

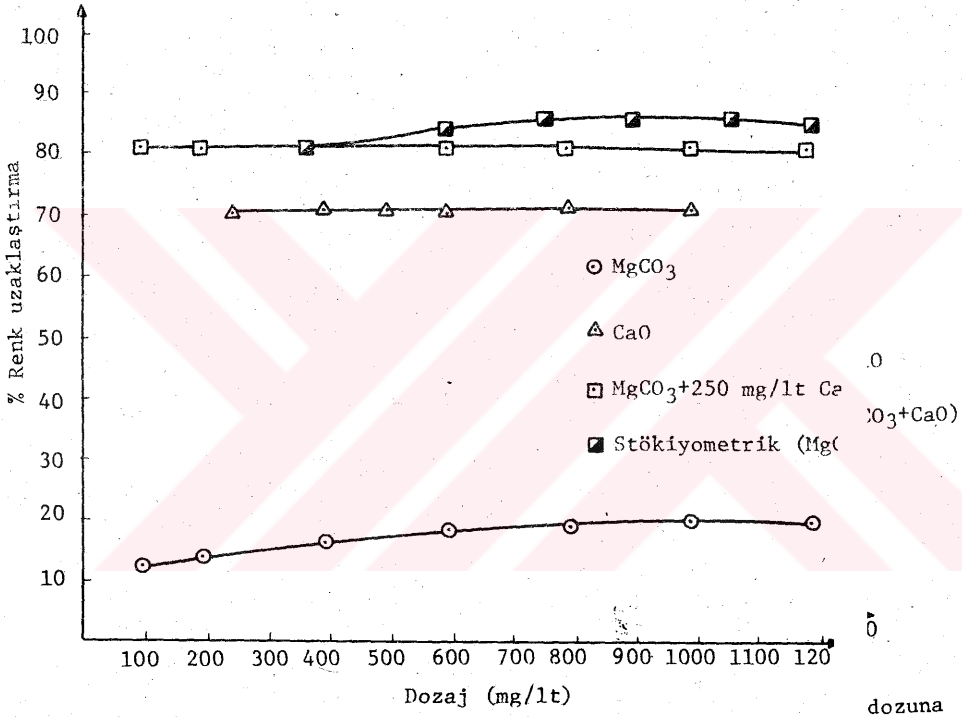
MgCO₃ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde, max.89.6 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt MgCO₃ + 800 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.6 ile 11.9 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 44).

Şekil 4.7 de görüldüğü gibi, MgCO₃ ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde MgCO₃ ve CaO dozajlarının artması renk uzaklaştırma veriminde büyük bir artış meydana getirmemiştir. 1200 mg/lt MgCO₃ ve 800 mg/lt CaO dozajında yapılan koagülasyon deneyi sonunda meydana gelen çökelti devrettirilerek 1000 mg/lt CaO ilavesiyle %83.5 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. CaO dozajının daha fazla artırılması renk uzaklaştırma veriminde artış meydana getirmemiştir. Koagülasyon başlangıcında 6.0 olan pH, reaksiyon sonunda 10.6 değerini almıştır (Ek.Tablo 45).

Bu boyarmaddenin musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 7.5 bulunan 75 mg/lt lik çözeltisinin 1200 mg/lt MgCO₃ ve 1200 mg/lt %88 lik Ca(OH)₂ ile koagülasyonunda %87.8 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve reaksiyon sonunda pH = 12.5 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 1400 mg/lt %88 lik Ca(OH)₂ ilavesiyle %97.5-98.0 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 7.5 olan pH, reaksiyon sonunda 10.6 ile 10.7 arasında değerler almıştır. (Ek.Tablo 46).

Musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.4 e çıkarılmış bu boyarmadde çözeltisinin 1200 mg/lt MgCO₃ ve 1200 mg/lt %88 lik Ca(OH)₂ ile koagülasyonunda %77 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Reaksiyon sonunda pH = 13.0 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 1200 mg/lt %88 lik Ca(OH)₂ ilavesiyle %59-58.8 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Ca(OH)₂ dozajının artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamış, tersine azaltmıştır. Koagülasyon başlangıcında 11.4 olan pH, reaksiyon sonunda 9.4 ile 9.5 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 47).

Asit Orange 19 boyarmaddesinin (dalga boyu = 475 nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.4 e getirilmiş 75 mg/lt lik çözeltisinin 1200 mg/lt MgCO₃ ve 1200 mg/lt %88 lik Ca(OH)₂ ile koagülasyonunda %50.6 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve reaksiyon sonunda pH = 13 bulunmuştur. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1400 mg/lt



Şekil 4.8. Bazik kırmızı 21 boyarmaddesi için koagülant karşı yüzde renk uzaklaştırma eğrileri.

%88 lik $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesiyle %40 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dozajının daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 11.4 olan pH, reaksiyon sonunda 9.8 ile 10.0 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 48).

Bazık Kırmızı 2L boyarmaddesinin (dalga boyu = 436 nm) çözeltilisinin MgCO_3 ile koagülasyonunda max. %20.7 renk uzaklaştırması 1200 mg/lt MgCO_3 dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 5.8 olan pH, reaksiyon sonunda 9.8 ile 10.4 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 49).

Bu boyarmaddenin CaO ile koagülasyonunda max. %72.5 renk uzaklaştırması 400 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 5.8 olan pH, reaksiyon sonunda 12.0 ile 12.5 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 50).

CaO dozajının 250 mg/lt de sabit tutulup, MgCO_3 dozajının değiştirildiği koagülasyon deneylerinde max. %82.3 renk uzaklaştırması 375 mg/lt MgCO_3 + 250 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Bu deneyde de, koagülasyon başlangıcında 5.8 olan pH reaksiyon sonunda 11.2 ile 10.6 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 51).

MgCO_3 ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde max. %92.3 renk uzaklaştırması 900 mg/lt MgCO_3 + 600 mg/lt CaO dozajında elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 5.8 olan pH, reaksiyon sonunda 11.0 ile 12.0 arasında değerler almıştır (Ek. Tablo 52).

Sekil 4.8 den görüldüğü gibi, bu boyarmadde içinde, MgCO_3 ve CaO in stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneylerinde MgCO_3 ve CaO dozajlarının artması renk uzaklaştırma veriminde büyük bir artış meydana getirmemiştir. 900 mg/lt MgCO_3 ve 600 mg/lt CaO dozajında yapılan koagülasyon deneyi sonunda meydana gelen çökelti devrettirilerek 1000 mg/lt CaO ilavesiyle %65.7 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. CaO in daha fazla ilave edilmesi renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 5.8 olan pH, reaksiyon sonunda 10.6 değerini almıştır (Ek. Tablo 53).

Bu boyarmaddenin musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 7.5 bulunan 75 mg/lt boyarmadde çözeltisinin 900 mg/lt MgCO_3 ve 900 mg/lt %88 lik $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile koagülasyonunda %82.5 renk uzaklaştır-

ması elde edilmiştir. Koagülasyon sonunda pH = 11.8 bulunmuştur. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti on defa devrettirilmiş ve her devirde 1500 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ilavesiyle %56.2-56.6 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Ca(OH)_2 dozağının daha fazla artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Koagülasyon başlangıcında 7.5 olan pH, reaksiyon sonunda 10.6 ile 10.7 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 54).

Musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.0 e çıkarılmış bu boyarmadde çözeltisinin 900 mg/lt MgCO_3 ve 900 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ile koagülasyonunda %56 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Reaksiyon sonunda pH = 12.5 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1000 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ilavesiyle %45.2-45.0 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Bu deneylerde de Ca(OH)_2 dozağının artırılması renk uzaklaştırma verimini artırmamıştır. Başlangıçta 11 olan pH, reaksiyon sonunda 11.4 ile 11.5 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 55).

Bazik Mavi 41 boyarmaddesinin (dalga boyu = 610 nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.0 e getirilmiş 75 mg/lt lik çözeltisinin 900 mg/lt MgCO_3 ve 900 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ile koagülasyonunda %99.8 renk uzaklaştırması elde edilmiş ve reaksiyon sonunda pH = 12.5 bulunmuştur. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1400 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ilavesiyle %99.4-99.6 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.0 olan pH, reaksiyon sonunda 11.8 ile 12.0 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 56).

Indantren Grey GG-Colloisol, Indantren Orange RR-Colloisol, Palanil Brilliant Blue BGF, Palanil Rubine BN, Basilen Yellow M2R, Basilen Turquoise M-2G, Reaktif Mavi 114, Reaktif Kırmızı 124, Direkt Orange 107, Direkt Siyah 117, Asit Mavi 40, Asit Orange 19, Bazik Kırmızı 2L, Bazik Mavi 41 boyarmaddeleri karışımının (dalga boyu = 535 nm) musluk suyu ile hazırlanmış ve pH sı 11.2 ye çıkarılmış çözeltisinin 1200 mg/lt MgCO_3 ve 1200 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ile koagülasyonunda %98 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon sonunda pH = 12.4 değerini almıştır. Bu deney sonunda meydana gelen çökelti beş defa devrettirilmiş ve her devirde 1800 mg/lt %88 lik Ca(OH)_2 ilavesiyle %99.8-99.6 renk uzaklaştırması elde edilmiştir. Koagülasyon başlangıcında 11.2 olan pH, reaksiyon sonunda 12.0 ile 12.1 arasında değerler almıştır (Ek.Tablo 57).

$MgCO_3$, boyarmaddelerin koagülasyonunda genel olarak etkili olamamıştır. CaO , Asit Mavi 40 ve Bazik Mavi 2L boyarmaddelerinde kısmen etkili olmasına rağmen diğer boyarmaddelerde etkili olamamıştır.

$MgCO_3$ ve CaO in birlikte kullanıldığı koagülasyon deneylerinde boyarmaddelerin renk uzaklaştırma verimlerinde artışlar görülmüştür. Renk uzaklaştırma verimlerindeki bu artışlara, meydana gelen $Mg(OH)_2$ ve $CaCO_3$ in sebep olduğu düşünülerek, bu çökeltilerin daha fazla meydana gelmelerini sağlamak için, koagülantların stökiyometrik oranlarda kullanıldığı koagülasyon deneyleri yapılmış ve bu deneylerde çok yüksek renk uzaklaştırma verimleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, $Mg(OH)_2$ ve $CaCO_3$ çökeltileri meydana gelirken boyarmadde taneciklerini de çökeltili ağırları içine alarak birlikte çökelmelerini sağlamış olabilirler. O halde, bu boyarmaddelerin koagülasyonunda etkili mekanizmanın çökelti ağı içine alma (enmeshment in a precipitate) mekanizması olduğu sonucuna varılabilir.

Geri devir deneylerinde, Indantren Grey GG-Colloisol boyarmaddesinin koagülasyonunda %98-99.8 ve %99.6-99.8 renk uzaklaştırması, Indantren Orange RR-Colloisol boyarmaddesinin koagülasyonunda %99.8-99.8 renk uzaklaştırması, Palanil Brillant BGF boyarmaddesinin koagülasyonunda %99.6-99.8 ve %99.4-99.6 renk uzaklaştırması, Palanil Rubine BN boyarmaddesinin koagülasyonunda %98.5-98.6 renk uzaklaştırması, Basilen Yellow M2R boyarmaddesinin koagülasyonunda %88-89 ve %95.8-96.0 renk uzaklaştırması, Basilen Turquoise M-2G boyarmaddesinin koagülasyonunda %99.3-99.6 renk uzaklaştırması, Reaktif Mavi 114 boyarmaddesinin koagülasyonunda %92.0-93.2 ve %98.4-98.6 renk uzaklaştırması, Reaktif Kırmızı 124 boyarmaddesinin koagülasyonunda %98-99 renk uzaklaştırması, Direkt Orange 107 boyarmaddesinin koagülasyonunda %99.4-99.9 ve %99.8-99.9 renk uzaklaştırması, Direkt Siyah 117 boyarmaddesinin koagülasyonunda %99.8-99.9 renk uzaklaştırması, Asit Mavi 40 boyarmaddesinin koagülasyonunda %97.5-98.0 renk uzaklaştırması, Bazik Mavi 41 boyarmaddesinin koagülasyonunda %99.4-99.5 renk uzaklaştırması, boyarmaddelerin karışımının koagülasyonunda %99.6-99.8 renk uzaklaştırması elde edilmektedir. Buna göre elde edilen renk uzaklaştırma verimlerinin çok yüksek olduğu ve geri devir deneylerinin başarıyla uygulandığı görülmektedir. Bununla beraber, diğer boyarmaddelerin koagülasyonunda yüksek renk uzaklaştırma verimleri elde edilemediği görülmektedir.

Yukarıda belirtilen ve yaklaşık olarak aynı renk uzaklaştırma verimlerini elde etmek için kullanılan koagülant dozajla-

rına göre boyarmadde grupları genel olarak sıralanırsa, Indantren, Palanil, Direkt, Asit, Bazik, Reaktif ve Basilen sırasında olduğu görülmektedir. Buradan boyarmaddelerin yapılarının da koagülasyon üzerine önemli etkileri olduğu sonucuna varılmaktadır. Zira, aynı grup boyarmaddenin değişik renkleri bile farklı koagülasyon özellikleri göstermektedir

Aynı boyarmaddenin farklı pH'lardaki koagülasyonunda elde edilen renk uzaklaştırma verimlerinin ve kullanılan koagülant miktarlarının farklı olması, pH'nın koagülasyonda önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca boyarmaddelerin açık formülleri bilinmediğinden koagülant-boyarmadde arasındaki etkileşimler hakkında açık bilgiler verilememektedir.

Boyarmaddelerin $MgCO_3$ ve $Ca(OH)_2$ ile koagülasyonunun masrafına ait ortalama değerler elde etmek için, boyarmaddelerin karışımıyla yapılan koagülasyon deneylerinin sonuçları esas olarak alınmıştır.

Ticari kalite $MgCO_3$ ın fiyatı 300 TL/kg ve ticari kalite $Ca(OH)_2$ in fiyatı ise 20 TL/kg dır.

Bu deneyde, 1200 mg/lt $MgCO_3$ ve 1200 mg/lt $Ca(OH)_2$ kullanılarak yapılan koagülasyon sonunda meydana gelen çöktür 1800 mg/lt $Ca(OH)_2$ ilavesiyle devrettirilmektedir. Buna göre, ön koagülasyonun masrafı:

$$MgCO_3 \text{ için; } (0,300 \text{ TL/g})(1,200 \text{ g}) = 0,360 \text{ TL}$$

$$Ca(OH)_2 \text{ için; } (0,020 \text{ TL/g})(1,200 \text{ g}) = 0,024 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam masraf} = 0,360 + 0,024 = 0,384 \text{ TL}$$

Her koagülasyonda 0,8 lt boyarmadde çözeltisi kullanıldığından, bu toplam masraf 0,8 lt boyarmadde çözeltisinin koagülasyon masrafıdır. 1 lt boyarmadde çözeltisinin koagülasyon masrafı ise;

$$\frac{0,384 \text{ TL}}{0,8 \text{ lt}} = 0,480 \text{ TL/lt}$$

dir.

Her geri devirde 1800 mg/lt Ca(OH)_2 kullanılmaktadır. O halde her geri devirdeki koagülasyon masrafı;

$$(1,800 \text{ gr})(0,020 \text{ TL/g}) = 0,036 \text{ TL}$$

Bu masrafta, 0,8 lt boyarmadde çözeltisinin koagülasyon masrafıdır. 1 lt boyarmadde çözeltisinin geri devir koagülasyonundaki masrafı ise;

$$\frac{0,036 \text{ TL}}{0,8 \text{ lt}} = 0,045 \text{ TL/lt}$$

olmaktadır.

BÖLÜM V

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

MgCO₃ ve CaO ayrı ayrı kullanılmaları halinde tekstil boyarmaddelerinin koagülasyon ile giderilmesinde etkili olamamışlardır.

MgCO₃ ve CaO in birlikte stökiyometrik oranlarda kullanılmaları halinde çok yüksek renk uzaklaştırma verimleri elde edilmiştir. Buna göre, bu iki koagülantın birlikte kullanılması sonucu meydana gelen Mg(OH)₂ ve CaCO₃ çöktürücü boyarmadde taneceklerini de çöktürücü ağırları içine alarak birlikte çöktürmüş olabileceklerinden dolayı, bu boyarmaddelerin koagülasyonunda etkili mekanizmanın çöktürücü ağı içine alma (enmeshment in a precipitate) mekanizması olduğu sonucuna varılmıştır.

Koagülantların (MgCO₃-CaO) geri kazanılıp tekrar devrettirelebileceği deneylerle gösterilmiş ve her boyarmaddenin değişik pH'lı çöktürücülerine uygulanarak çok yüksek renk uzaklaştırma verimleri (%90-99,9) elde edilmiştir. Boyarmaddelerin karıştırılmasıyla hazırlanan çöktürücünün koagülantın geri devrettirilmesi yoluyla koagülasyonunda da çok yüksek renk uzaklaştırma verimleri (%99,6-99,8) elde edilmiştir. Koagülantın geri devrettirilmesi çamur problemini çözmüş ve klasik metal koagülantlarla yapılan koagülasyona göre koagülasyon masrafını büyük ölçüde azaltmıştır.

Herbir boyarmaddenin koagülasyonunda kullanılan koagülant miktarlarının birbirinden farklı olması, boyarmaddelerin yapılarının da koagülasyona önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Bu etkiler, farklı gruptaki boyarmaddeler arasında görüldüğü gibi aynı gruptaki değişik renklerdeki boyarmaddeler arasında da görülmüştür.

Boyarmadde çözeltilerinin pH'larının değişmesi de koagölasyonu etkilemiştir. Zira aynı boyarmaddenin farklı pH'lardaki koagölasyonunda kullanılan koagölant miktarları ve elde edilen renk uzaklaştırma verimleri biribirinden farklı olmuştur.





EKLER

Ek.Tablo 1. $MgCO_3$ ile Koagülasyon

$pH = 6.4$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	8.3	19.7
2	200	8.5	20.0
3	400	9.0	20.1
4	600	9.5	20.3
5	800	9.7	20.0
6	1000	9.7	18.1
7	1200	9.7	17.6

Ek. Tablo 2. CaO ile Koagülasyon

$pH = 6.4$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	%Renk Uzaklaştırma
1	250	10.8	3.0
2	400	11.0	6.3
3	500	11.2	6.9
4	600	11.3	10.7
5	800	11.5	11.1
6	1000	11.6	11.0

Ek.Tablo 3. (MgCO_3 +250 mg/lt CaO) İle Koagülasyon

pH = 6.4			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	250	11.1	24.0
2	200	250	11.1	27.2
3	375	250	11.0	29.0
4	600	250	11.1	33.2
5	800	250	11.0	34.1
6	1000	250	11.0	34.3
7	1200	250	11.1	34.2

Ek.Tablo 4. Stökiyometrik (MgCO_3 +CaO) İle Koagülasyon

pH = 6.4			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	375	250	11.0	29.0
2	500	330	11.1	47.2
3	600	400	11.2	70.0
4	750	500	11.3	82.1
5	900	600	11.4	90.0
6	1000	660	11.4	92.2
7	1200	800	11.5	92.2

Ek.Tablo 5. 600 mg/lt MgCO_3 ile Geri Devir

pH = 6.4		Reaksiyon Sonunda	
CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
600	10.8	98.5	

Ek.Tablo 6. Geri Devir I.

$pH = 7.2$ Reaksiyon Sonunda

ÖN DENEY	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lit)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lit)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	600	600	11.7	99.5

$pH = 7.2$ Reaksiyon Sonunda

Geri Devir Sayısı	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lit)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	800	11.2	99.8
2	800	11.1	99.5
3	800	11.0	99.5
4	800	11.2	99.0
5	800	11.0	98.0
6	800	11.0	98.0
7	800	11.0	98.0
8	800	11.1	98.0
9	800	11.2	99.0
10	800	11.2	99.3

Ek. Tablo 7. Geri Devir II-a

ÖN DENEY	pH = 11.2		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	600	600	12.3	98.2

pH = 11.2		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	1000	11.1	99.8
2	1000	11.0	99.6
3	1000	11.0	99.8
4	1000	11.0	99.8
5	1000	11.0	99.8

Ek. Tablo 8. Geri Devir II-b

ÖN DENEY	pH = 11.2		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	600	600	11.7	99.8

pH = 11.2		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	800	11.0	99.9
2	800	10.9	99.9
3	800	11.0	99.9
4	800	11.0	99.8
5	800	11.0	99.9

Ek.Tablo 9. $MgCO_3$ ile Koagülasyon.

$pH = 6.4$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	10.0	15.5
2	200	10.1	18.9
3	400	10.2	22.2
4	600	10.3	23.3
5	800	10.3	22.0
6	1000	10.3	23.0
7	1200	10.3	23.2

Ek.Tablo 10. CaO ile Koagülasyon

$pH = 6.4$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	250	12.1	10.4
2	400	12.3	11.2
3	500	12.4	11.6
4	600	12.5	13.0
5	800	12.7	14.2
6	1000	12.8	14.1

Ek.Tablo 11. (MgCO_3 + 250 mg/lt CaO) İle Koagülasyon.

$\text{pH} = 6.4$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	250	11.9	21.0
2	375	250	11.9	27.8
3	500	250	11.5	30.1
4	600	250	11.3	32.0
5	900	250	11.4	31.1
6	1000	250	11.5	30.4
7	1200	250	11.5	30.5

Ek. Tablo 12. Stökiyometrik (MgCO_3 +CaO) İle Koagülasyon

$\text{pH} = 6.4$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	375	250	11.9	27.8
2	500	330	11.9	36.1
3	600	400	12.0	42.2
4	750	500	12.0	65.1
5	900	600	12.0	84.9
6	1000	660	12.2	90.1
7	1200	800	12.2	90.0

Ek.Tablo 13. 900 mg/lt MgCO_3 İle Geri Devir.

$\text{pH} = 6.4$		Reaksiyon Sonunda	
CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
800	11.2	99.7	

Ek. Tablo 14. Geri Devir I

pH = 7.4		Reaksiyon Sonunda		
ÖN DENEY	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	900	900	12.0	99.8

pH = 7.4		Reaksiyon Sonunda		
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
1	1000	11.0	99.8	
2	1000	10.8	99.8	
3	1000	11.1	99.8	
4	1000	10.9	99.7	
5	1000	11.0	99.6	
6	1000	11.1	99.8	
7	1000	11.0	99.8	
8	1000	11.0	99.7	
9	1000	11.1	99.8	
10	1000	11.1	99.6	

Ek.Tablo 15. Geri Devir II-a.

ÖN DENEY	pH = 11.3		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	900	900	12.2	98.0

	pH = 11.3	Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	1200	11.4	99.4
2	1200	11.4	99.6
3	1200	11.3	99.5
4	1200	11.4	99.6
5	1200	11.4	99.6

Ek.Tablo 16. Geri Devir II-b.

ÖN DENEY	pH = 11.2		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	900	900	12.3	98.2

	pH = 11.2	Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	1400	11.3	98.6
2	1400	11.3	98.6
3	1400	11.2	98.5
4	1400	11.2	98.5
5	1400	11.2	98.5

Ek.Tablo 17. $MgCO_3$ İle Koagülasyon

<i>pH = 6.0</i>		<i>Reaksiyon Sonunda</i>	
<i>Kab No.</i>	<i>MgCO₃ Dozajı (mg/lt)</i>	<i>pH</i>	<i>% Renk Uzaklaştırma</i>
1	100	9.7	18.0
2	200	10.0	19.4
3	400	10.0	21.0
4	600	10.1	23.4
5	800	10.2	24.0
6	1000	10.3	24.4
7	1200	10.4	24.4

Ek.Tablo 18. CaO İle Koagülasyon

<i>pH = 6.0</i>		<i>Reaksiyon Sonunda</i>	
<i>Kab No.</i>	<i>CaO Dozajı (mg/lt)</i>	<i>pH</i>	<i>% Renk Uzaklaştırma</i>
1	250	11.7	29.8
2	400	11.7	29.8
3	500	11.8	34.0
4	600	12.3	36.0
5	800	12.3	38.0
6	1000	12.3	41.6

Ek.Tablo 19. (MgCO_3 +250 mg/lt CaO) İle Koagülasyon.

$\text{pH} = 6.0$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	250	11.6	42.4
2	200	250	11.5	46.0
3	375	250	11.4	49.1
4	600	250	11.7	46.8
5	800	250	11.7	49.0
6	1000	250	11.7	50.1
7	1200	250	11.7	50.9

Ek.Tablo 20. Stökiyometrik (MgCO_3 + CaO) İle Koagülasyon

$\text{pH} = 6.0$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	375	250	11.4	49.1
2	600	400	11.4	56.3
3	750	500	11.3	57.3
4	1000	660	11.4	62.8
5	1200	800	11.5	79.2
6	1400	930	11.5	82.1
7	1500	1000	11.6	83.4

Ek.Tablo 21. 1400 mg/lt MgCO_3 İle Geri Devir.

$\text{pH} = 6.0$		Reaksiyon Sonunda	
CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
1300	11.8	98.3	

Ek.Tablo 22. Geri Devir I

ÖN DENEY	pH = 7.3		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	1400	1400	12.0	82.5

pH = 7.3		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	2200	11.8	88.1
2	2200	11.7	88.0
3	2200	11.8	88.1
4	2200	11.8	89.0
5	2200	11.7	88.9
6	2200	11.8	88.5
7	2200	11.8	88.6
8	2200	11.8	89.5
9	2200	11.9	88.7
10	2200	11.8	88.8

Ek.Tablo 23. Geri Devir II-a

ÖN DENEY	$pH = 11.0$		Reaksiyon Sonunda	
	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
ÖN DENEY	1400	1400	12.5	80.0

pH = 11.0		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	2400	13.0	96.0
2	2400	12.8	96.0
3	2400	12.9	95.8
4	2400	12.9	96.0
5	2400	12.9	96.0

Ek.Tablo 24. Geri Devir II-b

ÖN DENEY	$pH = 11.2$		Reaksiyon Sonunda	
	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
ÖN DENEY	1400	1400	12.0	96.0

$pH = 11.2$		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	2800	12.3	99.6
2	2800	12.2	99.6
3	2800	12.0	99.6
4	2800	12.2	99.3
5	2800	12.1	99.6

Ek.Tablo 25. $MgCO_3$ İle Koagülasyon.

$pH = 6.0$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	10.3	12.3
2	200	10.3	13.0
3	400	10.3	15.0
4	600	10.2	15.4
5	800	10.2	17.2
6	1000	10.3	18.1
7	1200	10.3	19.7

Ek.Tablo 26. CaO İle Koagülasyon.

$pH = 6.0$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	250	11.8	20.3
2	400	12.1	25.0
3	500	12.2	27.2
4	600	12.4	34.1
5	800	12.5	48.2
6	1000	12.5	51.4

Ek.Tablo 27. ($\text{MgCO}_3 + 250 \text{ mg/lt CaO}$) İle Koagülasyon.

Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	Reaksiyon Sonunda	
			pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	250	11.9	29.9
2	200	250	11.7	32.7
3	375	250	11.4	39.4
4	600	250	11.2	48.7
5	800	250	11.1	53.8
6	1000	250	11.0	59.1
7	1200	250	11.0	61.2

Ek.Tablo 28. Stökiyometrik ($\text{MgCO}_3 + \text{CaO}$) İle Koagülasyon

Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	Reaksiyon Sonunda	
			pH	% Renk Uzaklaştırma
1	375	250	11.4	39.4
2	600	400	11.6	58.5
3	750	500	11.8	65.1
4	900	600	12.0	70.6
5	1100	730	12.1	80.1
6	1200	800	12.2	83.0

Ek.Tablo 29. 1200 mg/lt MgCO_3 İle Geri Devir

CaO Dozajı (mg/lt)	Reaksiyon Sonunda	
	pH	% Renk Uzaklaştırma
1200	11.5	92.3

Ek.Tablo 30. Geri Devir I

ÖN DENEY	pH = 7.2		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	1200	1200	12.3	80.9

Geri Devir Sayısı	pH = 7.2	Reaksiyon Sonunda	
	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	2000	11.8	93.2
2	2000	11.8	93.0
3	2000	11.7	93.1
4	2000	11.8	93.0
5	2000	11.8	93.0
6	2000	11.7	92.8
7	2000	11.6	92.9
8	2000	11.7	93.0
9	2000	11.6	92.0
10	2000	11.7	92.5

Ek.Tablo 31. Geri Devir II-a

pH = 11.3		Reaksiyon Sonunda	
ÖN DENEY	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH % Renk Uzaklaştırma
	1200	1200	13.0 92.0

pH = 11.3 Reaksiyon Sonunda

Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	2000	12.8	98.6
2	2000	12.7	98.4
3	2000	12.8	98.6
4	2000	12.7	98.5
5	2000	12.7	98.6

Ek.Tablo 32. Geri Devir II-b

pH = 11.2 Reaksiyon Sonunda

MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1200	1200	13.0	97,0

pH = 11.2 Reaksiyon Sonunda

Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	2000	12.5	99.0
2	2000	12.2	98.0
3	2000	12.3	99.0
4	2000	12.3	99.0
5	2000	12.3	99.0

Ek.Tablo 33. $MgCO_3$ İle Koagülasyon.

<i>pH = 6.0</i>		<i>Reaksiyon Sonunda</i>	
<i>Kab No.</i>	<i>MgCO₃ Dozajı (mg/lt)</i>	<i>pH</i>	<i>% Renk Uzaklaştırma</i>
1	100	9.8	10.7
2	200	10.0	14.1
3	400	10.2	19.6
4	600	10.4	24.2
5	800	10.5	27.8
6	1000	10.6	32.5
7	1200	10.6	35.0

Ek.Tablo 34. CaO İle Koagülasyon

<i>pH = 6.0</i>		<i>Reaksiyon Sonunda</i>	
<i>Kab No.</i>	<i>CaO Dozajı (mg/lt)</i>	<i>pH</i>	<i>% Renk Uzaklaştırma</i>
1	250	11.6	14.7
2	400	11.8	24.0
3	500	12.0	28.1
4	600	12.2	34.4
5	800	12.3	36.3
6	1000	12.5	39.0

Ek.Tablo 35. ($\text{MgCO}_3 + 250 \text{ mg/lt CaO}$) İle Koagülasyon.

$\text{pH} = 6.0$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	250	11.9	27.4
2	200	250	11.9	28.3
3	375	250	11.8	29.6
4	600	250	10.6	10.4
5	800	250	10.5	10.2
6	1000	250	10.5	9.8
7	1200	250	10.4	9.3

Ek.Tablo 36. Stökiyometrik ($\text{MgCO}_3 + \text{CaO}$) İle Koagülasyon.

$\text{pH} = 6.0$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	375	250	11.8	29.6
2	600	400	10.8	56.9
3	750	500	11.0	66.1
4	900	600	11.2	77.3
5	1100	730	11.3	81.1
6	1200	800	11.6	82.7

Ek.Tablo 37. 900 mg/lt MgCO_3 İle Geri Devir.

$\text{pH} = 6.0$		Reaksiyon Sonunda	
CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
800	10.8	99.4	

Ek.Tablo 38. Geri Devir I

pH = 7.7		Reaksiyon Sonunda		
ÖN DENEY	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	900	900	11.4	82.0
pH = 7.7		Reaksiyon Sonunda		
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
1	1300	11.3	99.9	
2	1300	11.3	99.8	
3	1300	11.1	99.8	
4	1300	11.0	99.8	
5	1300	11.1	99.4	
6	1300	11.1	99.8	
7	1300	11.0	99.8	
8	1300	11.0	99.6	
9	1300	11.0	99.8	
10	1300	11.0	99.8	

Ek.Tablo 39. Geri Devir II-a

pH = 11.3		Reaksiyon Sonunda	
ÖN DENEY	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH % Renk Uzaklaştırma
ÖN	900	900	11.2 80.8

pH = 11.3		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	1400	10.8	99.9
2	1400	10.8	99.9
3	1400	10.7	99.8
4	1400	10.8	99.8
5	1400	10.7	99.9

Ek.Tablo 40. Geri Devir II-b

pH = 11.3		Reaksiyon Sonunda	
ÖN DENEY	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH % Renk Uzaklaştırma
ÖN	900	900	11.2 80.0

		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	1400	10.8	99.8
2	1400	10.7	99.9
3	1400	10.8	99.9
4	1400	10.8	99.8
5	1400	10.8	99.8

Ek.Tablo 41. $MgCO_3$ İle Koagülasyon.

Kab No.	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lit)	Reaksiyon Sonunda	
		pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	10.2	15.6
2	200	10.3	16.1
3	400	10.5	17.3
4	600	10.6	20.1
5	800	10.6	24.5
6	1000	10.5	30.3
7	1200	10.5	36.0

Ek.Tablo 42. CaO İle Koagülasyon

Kab No.	CaO Dozajı (mg/lit)	Reaksiyon Sonunda	
		pH	% Renk Uzaklaştırma
1	250	12.0	65.0
2	400	12.3	73.6
3	500	12.3	74.7
4	600	12.4	76.5
5	800	12.5	80.9
6	1000	12.6	81.2

Ek.Tablo 43. (MgCO_3 +250 mg/lt) İle Koagülasyon.

Kab No.	pH = 6.0		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	250	12.0	74.6
2	200	250	12.0	70.5
3	375	250	11.9	65.8
4	600	250	10.7	61.2
5	800	250	10.7	66.1
6	1000	250	10.6	71.8
7	1200	250	10.7	71.3

Ek.Tablo 44. Stökiyometrik (MgCO_3 +CaO) İle Koagülasyon

Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	375	250	11.9	65.8
2	600	400	11.6	71.5
3	750	500	11.6	74.1
4	900	600	11.7	78.1
5	1100	730	11.8	84.5
6	1200	800	11.9	89.6

Ek.Tablo 45. 1200 mg/lt MgCO_3 İle Geri Devir

pH = 6.0		Reaksiyon Sonunda	
CaO Dozajı (mg/lt)		pH	% Renk Uzaklaştırma
1000		10.6	83.5

Ek.Tablo 46. Geri Devir I

ÖN DENEY	$pH = 7.5$		Reaksiyon Sonunda	
	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	1200	1200	12.5	87.8

Geri Devir Sayısı	$pH = 7.5$		Reaksiyon Sonunda	
	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
1	1400	10.7	98.0	
2	1400	10.7	97.8	
3	1400	10.6	97.6	
4	1400	10.6	97.6	
5	1400	10.6	97.8	
6	1400	10.6	97.5	
7	1400	10.6	97.5	
8	1400	10.6	97.6	
9	1400	10.6	97.5	
10	1400	10.6	97.5	

Ek.Tablo 47. Geri Devir II-a

ÖN DENEY	pH = 11.4		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	Reaksiyon Sonunda pH	% Renk Uzaklaştırma
	1200	1200	13.0	77.0

pH = 11.4		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	1200	9.5	59.0
2	1200	9.4	59.0
3	1200	9.5	58.8
4	1200	9.5	59.0
5	1200	9.5	58.9

Ek.Tablo 48. Geri Devir II-b

ÖN DENEY	pH = 11.4		Reaksiyon Sonunda	
	MgCO ₃ Dozajı (mg/lt)	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	1200	1200	13.0	50.6

Geri Devir Sayısı	pH = 11.4		Reaksiyon Sonunda	
	Ca(OH) ₂ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
1	1400	10.0	40.0	
2	1400	10.0	40.3	
3	1400	10.0	40.0	
4	1400	9.9	40.1	
5	1400	10.0	40.0	

Ek.Tablo 49. $MgCO_3$ İle Koagülasyon

$pH = 5.8$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	9.8	13.6
2	200	9.8	15.2
3	400	10.0	16.8
4	600	10.2	19.4
5	800	10.2	20.3
6	1000	10.3	20.5
7	1200	10.4	20.7

Ek.Tablo 50. CaO İle Koagülasyon

$pH = 5.8$		Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	250	12.0	72.1
2	400	12.1	72.5
3	500	12.2	71.6
4	600	12.3	71.3
5	800	12.4	72.5
6	1000	12.5	72.3

Ek.Tablo 51. ($\text{MgCO}_3 + 250 \text{ mg/lt CaO}$) İle Koagülasyon

$\text{pH} = 5.8$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	100	250	11.2	81.9
2	200	250	11.1	82.0
3	375	250	11.0	82.3
4	600	250	10.8	81.4
5	800	250	10.7	81.0
6	1000	250	10.6	80.6
7	1200	250	10.6	80.0

Ek.Tablo 52. Stökiyometrik ($\text{MgCO}_3 + \text{CaO}$) İle Koagülasyon

$\text{pH} = 5.8$			Reaksiyon Sonunda	
Kab No.	MgCO_3 Dozajı (mg/lt)	CaO Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	375	250	11.0	82.3
2	600	400	11.3	84.3
3	750	500	11.4	84.6
4	900	600	11.7	85.7
5	1050	700	11.8	85.4
6	1200	800	12.0	85.3

Ek.Tablo 53. 900 mg/lt MgCO_3 İle Geri Devir

$\text{pH} = 5.8$		Reaksiyon Sonunda	
CaO Dozajı (mg/lt)		pH	% Renk Uzaklaştırma
1000		10.6	65.7

Ek.Tablo 54. Geri Devir I

$pH = 7.5$		Reaksiyon Sonunda	
$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
900	900	11.8	82.5

$pH = 7.5$		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
1	1500	10.6	56.4
2	1500	10.6	56.5
3	1500	10.6	56.6
4	1500	10.6	56.3
5	1500	10.6	56.4
6	1500	10.7	56.2
7	1500	10.7	55.8
8	1500	10.6	55.8
9	1500	10.6	56.0
10	1500	10.6	56.2

Ek.Tablo 55. Geri Devir II-a

		$pH = 11.0$		Reaksiyon Sonunda	
ÖN DENEY	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
	900	900	12.5	56.0	

		$pH = 11.0$		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma		
	1000	11.5	45.0		
	1000	11.4	45.2		
	1000	11.5	45.2		
	1000	11.4	45.3		
	1000	11.4	45.2		

Ek.Tablo 56. Geri Devir II-b

		$pH = 11.0$		Reaksiyon Sonunda	
ÖN DENEY	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma	
	900	900	12.5	99.8	

		$pH = 11.0$		Reaksiyon Sonunda	
Geri Devir Sayısı	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma		
	1400	12.0	99.5		
	1400	12.0	99.6		
	1400	12.0	99.4		
	1400	11.8	99.5		
	1400	11.8	99.4		

Ek.Tablo 57. Geri Devir

ÖN DENEY	$pH = 11.2$		Reaksiyon Sonunda	
	$MgCO_3$ Dozajı (mg/lt)	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	1200	1200	12.4	98.0
	$pH = 11.2$		Reaksiyon Sonunda	
	Geri Devir Sayısı	$Ca(OH)_2$ Dozajı (mg/lt)	pH	% Renk Uzaklaştırma
	1	1800	12.1	99.8
	2	1800	12.0	99.7
	3	1800	12.0	99.6
	4	1800	12.0	99.8
	5	1800	12.0	99.6

REFERANSLAR

- 1- COMMITTEE REPORT, "Research Committee On Color Problems", J.A.W.W.A., 59.8, (1967), 1023-1035.
- 2- COMMITTEE REPORT, "Coagulation and Color Problems", J.A.W.W.A., 62.5, (1970), 311-314.
- 3- ÖZCAN, Y., "Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği", İ.Ü. (1978).
- 4- OSKAY, E., "Organik Kimya", Hacettepe Univ., (1975).
- 5- BREUSCH, F.L., ULUSOY, E., "Genel Organik Kimya", İ.Ü. (1977).
- 6- TROTMAN, E.R., "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres", Griffin, (1975).
- 7- TARAKÇIOĞLU, I., "Küp Boyarmaddeleri Klasik ve Yeni Boyama Metodları", Mensucat Meslek Dergisi, (1974).
- 8- SEYHAN, M., "Organik Boyarmaddeler", İ. Horoz Basımevi (1946).
- 9- COCKETT, S.R., HILTON, K.A., "Dyeing of Cellulosic Fibres", Leonard Hill Books Limited (1961).
- 10- BIRD, C.L., "Theory and Practice of Wool Dyeing", Soc. of Dyers and Colourists, (1963).
- 11- STUMM, W., MORGAN, J.J., "Chemical Aspects of Coagulation", J.A.W.W.A., 54.8, (1962), 971-991.
- 12- BRATBY, J., "Coagulation and Flocculation With and Emphasis on Water and Wastewater Treatment", Upland Press. Ltd., (1980).
- 13- SHAW, D.J., "Introduction to Colloid and Surface Chemistry", Butterworths, (1970).
- 14- WEBER, W. Jr., "Physicochemical Process For Water Quality Control", Wiley Interscience, (1972).
- 15- STUMM, W., MORGAN, J.J., "Aquatic Chemistry", John Wiley and Sons. Inc., (1970).

- 16- IVES, K.J., "The Scientific Basis of Flocculation", Sijthoff-Noordhoff International Publishers, (1978).
- 17- OVERBEEK, J.Th.G., "Recent Development in the Understanding of Colloid Stability", Jour. Coll. Interface Sci., 58.2, (1977), 408-422.
- 18- MATIJEVIC, E., "Colloid Stability and Complex Chemistry", Jour. Coll. Interface Sci., 43.2, (1973), 217-245.
- 19- STUMM, W., O'MELIA, C.R., "Stoichiometry of Coagulation", J.A.W.W.A, 5,60, (1968), 514-539.
- 20- POSSELT, H.S., ANDERSON, F.J., WEBER, W.J.Jr. "Cation Sorption On Colloid Hydrous Manganese Dioxide", Environ. Sci. Tech., 2,12, (1968), 1087-1093.
- 21- POSSELT, H.S., REIDES, A.H., WEBER, W.J.Jr., "Coagulation of Hydrous Manganese Dioxide", J.A.W.W.A., 60,1, (1968), 48-68.
- 22- PACKHAM, R.F., "Some Studies of the Coagulation of the Dispersed Clays With Hydrolyzing Salts", Jour. Coll. Sci. 20, (1965), 81-82.
- 23- CAMPBELL, M.S., "The Disposal and Recovery of Textile Wastes" Univ. of North Carolina, (1932), 490-501.
- 24- THORNTON, H.A. MOORE, J.R., "Adsorbents in Wastewater Treatment-Dye Adsorption and Recovery Studies", Sewage and Industrial Wastes., 23,4, (1951), 497-504.
- 25- SOUTHER, R.H., ALSPAUGH, T.A., "Textile Wastes-Recovery and Treatment", Sewage and Industrial Wastes, 29,8, (1957), 918-934.
- 26- KACE, J.S., LINFORD, H.B., "Reduced Cost Flocculation of a Textile Dyeing Wastewaters", J.W.P.C.F., 47,7, (1971-77(1975)).
- 27- CROWE, T., O'MELIA, C.R., LITTLE, L., "The Coagulation of Disperse Dyes" Thirty-Second Purdue Industrial Waste Conference, 5,10-12, (1977), 655-662.
- 28- DAVIS, G.M., KOON, J.H., ADAMS, C.E., "Treatment of Textile Dye House Wastewaters", Purdue Industrial Waste Conference, (1977), 981-997.

- 29- TURNER, M.T., AMIWES, E., "Wastewater Treatment and Reuse with in the Textile Industry", Water Services, Annual Technical Survey, 8, (1978), 527-528.
- 30- ROBERTS, J., MORGAN., C.P., RODDY, C.P., "Recovery and Reuse of Alum Sludge At Tampa", J.A.W.W.A., 52,7, (1960), 859-862.
- 31- FULTON, G.P., "Disposal of Wastewater From Water Filtration Plants", J.A.W.W.A., 61,7, (1969), 332-338.
- 32- FLENJE, M.E., "Calcium and Magnesium Hydrates", J.A.W.W.A., 17,2, (1927), 253-260.
- 33- LECOMPTE, A.R., "Water Reclamation by Excess Lime Treatment of Effluent", TAPPI, 49,12, (1966), 121-125.
- 34- THOMSON, C.G., SINGLEY, J.E., BLACK, A.P., "Magnesium Carbonat- A Recycled Coagulant", J.A.W.W.A., 64,1, (1972), 11-19.
- 35- THOMSON, G.G., SINGLEY, J.E., BLACK, A.P., "Magnesium Carbonat- A Recycled Coagulant - II", J.A.W.W.A., 64,2, (1972), 93-99.
- 36- ROBERT, S.B., "Chemistry and Technology of Lime and Limestone", John Wiley and Sons., Inc., (1967).
- 37- PERRY, R.H., CHILTON, C.H., "Chemical Engineering Handbook", McGraw-Hill, 5th Edition.
- 38- DICK, J.G., "Analitical Chemistry" McGraw-Hill, (1973).
- 39- Sümerbank Bakırköy Pamuklu Dokuma Sanayi Raporu, İ.T.Ü. İn-
saat Fak.

HAL TERCÜMESİ

Yük.Müh.Abdürrezzak BOZDOĞAN, 1954 yılında Osmaniye'nin Kırmacılı Köyünde Dünya'ya gelmiştir. 1972 yılında Osmaniye Lisesini bitirmiştir. 1978 yılı Haziran döneminde Hacettepe Üniversitesi Kimya Fakültesinden mezun olmuştur. Bir süre Sakarya D.M.M. Akademisinde asistan olarak çalıştıktan sonra 1981 yılında Yıldız Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümüne girmiştir. Halen Yıldız Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

Bu çalışmayı yöneten ve çalışma süresince büyük teşvik ve ilgi gördüğüm Sayın Hocam Doç.Dr.M.Halit GÖKNİL'e teşekkürlerimi sunarım.

Gösterdiği yakın ilgi ve yardımdan dolayı Doç.Dr.Mehmet KARPUZCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

1. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi