



**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ KAĞIT FABRİKASINDA KULLANILAN TAZE VE
ATIK SULARIN İNCELENMESİ VE ARITILMASI**

AHMET LEBLEBİCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAHRAMANMARAŞ

EYLÜL 2007



**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ KAĞIT FABRİKASINDA KULLANILAN TAZE VE ATIK
SULARIN İNCELENMESİ VE ARITILMASI**

AHMET LEBLEBİCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAHRAMANMARAŞ

EYLÜL 2007



**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ KAĞIT FABRİKASINDA KULLANILAN TAZE VE ATIK
SULARIN İNCELENMESİ VE ARITILMASI**

AHMET LEBLEBİCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No:

**Bu tez 07/ 09/ 2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oy Birliği/Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.**

.....
**Doç. Dr.
Ahmet TUTUŞ
DANIŞMAN**

.....
**Prof. Dr.
M. Hakkı ALMA
ÜYE**

.....
**Yrd. Doç. Dr.
Ali Rıza DEMİRKIRAN
ÜYE**

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Özden GÖRÜCÜ

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, Çizelge, Şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı ‘Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu’ndaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER	<u>SAYFA NO</u>
İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VII
ÖNSÖZ.....	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XVI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XVI
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	XXIX
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Kağıdın Tarihçesi	2
1.1.1. Dünyada Kağıtçılığın Tarihçesi.....	2
1.1.2. Türkiye’de Kağıtçılığın Tarihçesi	3
1.1.2.1. Türkiye Kağıt-Karton Sanayisi’nin Dünyadaki Yeri	5
1.2. Kağıt Nedir?	6
1.2. Atık Kağıt Nedir?	6
1.3. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasının Tanıtımı	6
1.3.1. Fabrikada Yapılan Üretimler.....	8
1.3.2. ‘Co-Generation’ (Elektrik Üretim) Sistemi	10
1.4. Kağıt Fabrikası Atıkları.....	10
1.4.1. Kağıt Hamuru Üretiminden ve Katı Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik Yükü.....	12
1.4.1.1. Kağıt-Karton Üretiminden Kaynaklanan Kirlilik Yükü.....	12
1.4.1.2. Katı Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik Yükü	12
1.4.2. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atıklar	12
1.5. Su.....	13
1.5.1.Suyun Kimyasal yapısı ve Özellikleri	13
1.5.2. Su Kirlenmesinde Ana Kavramlar	14
1.5.2.1.Debi.	15
1.5.2.2. pH.....	15
1.5.2.3. Süspansiyondaki Madde Miktarı.....	15
1.5.2.4. İki Saat İçinde Çökertilebilen Madde Miktarı	16

1.5.2.5. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	16
1.5.2.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOI)	17
1.5.2.7. Toplam Oksijen İhtiyacı (TOİ)	18
1.5.2.8. Renk	18
1.5.2.9. Zehirlilik	18
1.5.2.10. Oksitlenebilir Maddeler	19
1.5.3. Belli Başlı su Özellikleri	19
1.5.3.1. Süspansiyon Halindeki Madde Miktarı.....	19
1.5.3.2. Bulanıklık	19
1.5.3.3. Sertlik.....	19
1.5.3.4. Demir ve Manganez.....	20
1.5.3.5. Karbondioksit ve Çözülmüş Oksijen	20
1.5.4. Suyun Kağıtçılıktaki Önemi	20
1.6. Kağıt Fabrikalarında Su kirlenmesi ve Arıtma Yöntemleri	21
1.6.1. Kağıt Fabrikalarında Su Kirlenmesi	21
1.6.2. Su Kirliliği	23
1.6.3. Su Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkisi	24
1.6.4. Arıtma Yöntemleri	25
1.6.4.1. Fizikokimyasal Yöntemler	25
1.6.4.1.1. Adsorpsiyon.....	25
1.6.4.1.2. Flokülasyon (Kümelenme).....	26
1.6.4.1.3. Süzme (Filtrasyon).....	27
1.6.4.1.4. Yerçekimi Yardımıyla Çökeltme (Graviter Dekantasyon).....	27
1.6.4.1.5. Santrifüjleme ile Dekantasyon	28
1.6.4.1.6. Flotasyon	28
1.6.4.1.6.1. Aeroflotasyon	28
1.6.4.1.6.2. Elektroflotasyon.....	28
1.6.4.2. Biyolojik Arıtma (Sekonder Arıtma).....	29
1.6.4.2.1. Aktif Çamurlar Yoluyla Arıtma	30
1.6.4.2.2. Saf Oksijen Aktif Çamur Yöntemi	31
1.6.4.2.3. Bakteri Yataklarında Arıtma	31
1.6.4.2.4. Havalandırılmış Göletlerde Arıtma	32

1.6.4.2.5. Atık Sularını Araziye Yayma	33
1.6.4.2.6. Buharlaştırma Yoluyla Arıtma	33
1.7. Araştırmada Kullanılan Arıtma ve Renk Açma Yöntemleri	33
1.7.1. Fizikokimyasal Yöntemler	34
1.7.1.1. Filtrasyon (Süzme)	34
1.7.1.2. Flottasyon (Yüzdürme)	34
1.7.1.2.1. Aeroflottasyon	35
1.7.2. Pit İle.....	35
1.7.3. Uçucu Kül İle	35
1.7.4. Hidrojen Peroksit İle.....	36
1.7.5. Ozon İle.....	37
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	40
3. MATERYAL ve METOT	45
3.1. Materyal	45
3.1.1. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Taze Suyun Özellikleri.....	45
3.1.2. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Suyun Özellikleri	45
3.1.3. Ozon.....	46
3.1.4. Hypo ve Pac Kimyasalı	46
3.1.5. Uçucu Kül.....	47
3.1.6. Pit	48
3.1.6. Hidrojen Peroksit	48
3.1.6. Balık BİO Deneyi.....	48
3.1.6. Metot.....	49
3.2.1. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Arıtılması.....	49
3.2.1.1. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Ozon ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot.....	49
3.2.1.2. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Hidrojen Peroksit ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot.....	50
3.2.1.3. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Uçucu Kül ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot.....	51
3.2.1.4. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Pit ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot.....	52

3.2.2. Atık Su Numunelerinin Alınması.....	53
3.2.3. İnorganik Madde Miktarlarının Ölçülmesi	53
3.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacının Ölçülmesi.....	54
3.2.5. Askıda Katı Madde Miktarının Ölçülmesi.....	55
3.2.4. Balık BİO Deneyi.....	55
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	56
4.1. Ozon Muamelesi	56
4.2. Hidrojen Peroksit Uygulaması	80
4.3. Uçucu Kül Uygulaması ile Arıtma	100
4.4. Pit ile Arıtma.....	120
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	135
KAYNAKLAR.....	137
ÖZGEÇMİŞ	143

**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

**KAHRAMANMARAŞ KAĞIT FABRİKASINDA KULLANILAN TAZE VE ATIK
SULARIN İNCELENMESİ VE ARITILMASI**

AHMET LEBLEBİCİ

Danışman: Doç. Dr. Ahmet TUTUŞ

Yılı: 2007

Sayfa: 175

**Jüri : Doç. Dr. Ahmet TUTUŞ
Prof. Dr. M. Hakkı ALMA
Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN**

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında kullanılan temiz ve atık suların özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca üretimde kullanılmış atık su; fizikokimyasal arıtma yöntemlerinden flottasyon, kimyasal arıtma ve renk açma yöntemlerinden ise pit, Uçucu kül (elektro filitrelerin toz siklonuna düşen kül), hidrojen peroksit ve ozon ile muamele edilmiştir.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre; atık kağıt' ın hammadde olarak kullanıldığı kağıt ve karton fabrikalarında atık suların alıcı ortamlara deşarj standartları aşağıda verilmiştir.

Kağıt fabrikası atık suları flottasyon, pit ve Uçucu külü muamelesi ile; pH, KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı), AKM (askıda katı madde), ZSF (balık biyodeneyi) ve inorganik madde miktarlarında genel olarak bir azalma debi değerlerinde artış tespit edilmiştir. Atık suyun rengini açmak amacıyla uygulanan uçucu kül, hidrojen peroksit ve ozon muamelesinde ise koyu kahverengi su berrak renge dönüşmüş ve pH, debi, KOİ, AKM, ZSF ve inorganik madde miktarlarının bir kısmında azalma bir kısmında ise artışlar olduğu belirlenmiştir.

Parametreler	Birim	Standart
pH		7.70
Debi	m3/saat	150
Kimyasal Oksijen İsteği (KOİ)	ppm	870
Askıda Katı Madde (AKM)	ppm	80
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	8
Renk	-	Berrak
Na ⁺¹	ppm	85.69
Fe ⁺²	ppm	2.51
Ca ⁺²	ppm	55.64
K ⁺²	ppm	6.33
Zn ⁺²	ppm	0.02
Mg ⁺²	ppm	58.07
Cu ⁺²	ppm	0.04

Yukarıda uygulanan atık su arıtma ve renk açma yöntemleri ile aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Parametreler	Atık su	Yöntemler				
		Flottasyon	Pit	Uçucu Kül	Hidrojen Peroksit	Ozon
pH	7.68	7.02	6.88	6.60	5.46	5.46
Debi (m3/t)	153	160	165	170	158	157
KOİ (ppm)	2593	2476	-	551	-	993
AKM (ppm)	1920	1843	350.40	60.88	280.33	475.30
ZSF	-	-	8	8	8	8
Renk	Koyu Kahve Rengi	Kahve Rengi	Açık Kahve Rengi	Berrak	Berrak	Berrak
Na (ppm)	217	215	205	233	219	256
Fe (ppm)	5.56	5.08	14.78	0.37	2.70	3.53
Ca (ppm)	30.41	30.28	328.88	45.74	238.33	302
K (ppm)	25.33	24.79	20.30	55.57	18.20	19.97
Zn (ppm)	0.45	0.41	0.19	0.18	0.28	0.24
Mg (ppm)	55.07	54.97	129.45	52.15	106.93	122.73
Cu (ppm)	0.194	0.185	0.09	0.12	0.11	0.12

Sözkonusu yöntemlerin uygulanması durumunda Kahramanmaraş kağıt fabrikası atık suları standartlarda verilen değerlere ve kağıt fabrikasının çevreyi kirlletmeye olan etkisi en aza indirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Kağıt fabrikası, taze su, atık su, arıtma

**T.R.
UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM
DEPARMENT OF FOREST INDUSTRY ENDINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

MSc THESIS

ABSTRACT

**THE INVESTIGATION OF KAHRAMANMARAS PAPER MİLL FRESH AND
WASTE WATER AND WASTE WATER TREATMENT**

Ahmet LEBLEBİCİ

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Year: 2007

Pages: 175

Jury: Assoc. Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA

Asist. Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN

In this study, the properties of fresh and waste water used in Kahramanmaras paper mill were determined. Besides, waste water used in production was treated by flotation from physiochemical purification processes; pit, fly ash, hydrogen peroxide and ozone from chemical purification and bleaching processes.

According to the Regulation of Water Pollution Control of Ministry of Environment and Forestry, the discharge standards of waste water in pulp and paper mills where waste paper is used as raw material are as follows.

Generally a decrease in pH, COD (Chemical Oxygen Demand), SSM (Suspended Solid Matter), ZSF (Fish Biotest) and inorganic substances, a increase in flow were determined in the treating of waste water of paper mill with flotation, pit and fly ash. In the application of hydrogen peroxide and ozone to bleach waste water, the dark brown waste water became clear and some parameter values of pH, flow, COD, SSM, ZSF and inorganic substances were decreased while some others increased.

Parameters	Unit	Standard value
pH		7.70
Flow	m ³ /h	150
Chemical Oxygen Demand (COD)	ppm	870
Suspended Solid Matter (SSM)	ppm	80
Fish Biotest (ZSF)	-	8
Color	-	clear
Na ⁺¹	ppm	85.69
Fe ⁺²	ppm	2.51
Ca ⁺²	ppm	55.64
K ⁺²	ppm	6.33
Zn ⁺²	ppm	0.02
Mg ⁺²	ppm	58.07
Cu ⁺²	ppm	0.04

The following results were obtained by the application of waste water treatment and bleaching methods mentioned above.

Parameters	Waste Water	Purification and Bleaching Methods				
		Flotation	Pit	Fly Ash	Hydrogen Peroxide	Ozone
pH	7.68	7.02	6.88	6.60	5.46	5.46
Flow (m ³ /t)	153	160	165	170	158	157
COD (ppm)	2593	2476		551		993
SSM (ppm)	1920	1843	350.40	60.88	280.33	475.30
ZSF	-	-	8	8	8	8
Color	Dark Brown	Brown	Light Brown	Clear	Clear	Clear
Na (ppm)	217	215	205	233	219	256
Fe (ppm)	5.56	5.08	14.78	0.37	2.70	3.53
Ca (ppm)	30.41	30.28	328.88	45.74	238.33	302
K (ppm)	25.33	24.79	20.30	55.57	18.20	19.97
Zn (ppm)	0.45	0.41	0.19	0.18	0.28	0.24
Mg (ppm)	55.07	54.97	129.45	52.15	106.93	122.73
Cu (ppm)	0.194	0.185	0.09	0.12	0.11	0.12

In the case of application of the methods mentioned above, Kahramanmaras Paper mill's waste water will be in the standard values and the paper mill will have minimal effect on the environmental pollution.

Key words: Paper mill, fresh water, waste water, treatment.

ÖNSÖZ

“Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Kullanılan Taze ve Atık suların incelenmesi ve Arıtılması” adlı bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Konu seçimi ve çalışmaların yönlendirilmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Ahmet TUTUŞ’ a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Analizler ve sonuçların irdelenmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen sayın Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN hocama da teşekkürü bir borç bilirim.

Her türlü imkânını esirgemeyen ve çalışmamıza yardımcı olan Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Genel Müdürü Ahmet Çetin TAŞCI, İşletme Müdürü Bekir YEMŞEN’ e, Orman Endüstri Mühendisleri Onur Tolga OKAN, N.Buğra MÜFTÜOĞLU ve Kimya Mühendisi Mürşit TETİK’ e teşekkür ediyorum.

Laboratuar çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm KSÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi Resul HASTÜRK’e ve Araştırma görevlisi Metin KERTMEN’e teşekkür ediyorum.

Eylül, 2007
Kahramanmaraş

Ahmet LEBLEBİCİ

ÇİZELGELER DİZİNİ	<u>SAYFA NO</u>
Çizelge 1.1. 2001-2005 Yılları Arasında Türkiye'nin Kağıt ve Karton Üretimi.....	5
Çizelge 1.2. 2001-2005 Yılları Arasında Türkiye'nin Kağıt ve Karton Tüketimi	5
Çizelge 1.3. 2001-2005 Yılları Arası Türkiye'nin Kişi Başına Kağıt ve Karton Tüketimi ve Dünya Sıralamasındaki Yeri.....	6
Çizelge 1.4. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Yapılan Üretimler ve Toplam Üretim İçindeki Yüzdesi.....	9
Çizelge 1.5. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası PM1 VE PM2 İçin Yıl Bazında Üretim Miktarı (Ton)	9
Çizelge 1.6. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası 2006 Yılı İçin Ayrıntılı Üretim Miktarı	9
Çizelge 1.7. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası 2000-2006 Yılları Arası Elektrik, Fuel-Oil ve Kömür Tüketim Miktarları.....	10
Çizelge 1.8. 1976 Yılı Ölçümlerine Göre Finlandiya'da Kağıt Endüstrisinde Süpansiyondaki Katı Madde Değerleri Hidrojen Peroksit Uygulamsı	16
Çizelge 1.9. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Co-Generation'da Kalan Uçucu Küllerinin Analiz Sonuçları.....	36
Çizelge 3.1.a. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Kullanılan İçme ve Kullanma Suyunun Özellikleri	45
Çizelge 3.1.b. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Kullanılan Kuyu Suyunda Bulunan Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} , Cu^{+2} ve Pb^{+2} Miktarları (ppm)	45
Çizelge 3.2. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Su Analiz Değerleri	46
Çizelge 3.3. Ozona Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler.....	46
Çizelge 3.4. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasından Alınan Hypo'nun Analiz Değerleri	47
Çizelge 3.5. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasından Alınan Polialüminyum Klor'un Analiz Değerleri	47
Çizelge 3.6. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasından Alınan Kömüre Ait Bazı Spesifik Değerler	47
Çizelge 3.7. Kullanılan Pit'e Ait Bazı Karakteristik Özellikler	48

Çizelge 3.8. Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayi (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi) için Çevre Kirliliği Kontrol Yöneltilmeliğin'de Verilen Parametre Degerleri	49
Çizelge 3.9. Ozon arıtma koşulları.....	49
Çizelge 3.10. Hidrojen peroksit uygulama koşulları	51
Çizelge 3.11. Uçucu kül uygulama koşulları	51
Çizelge 3.12. Pit uygulama koşulları.....	52
Çizelge 3.13. İnorganik Madde Miktarının Hesaplanması.....	54
Çizelge 4.1. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Sodyum (Na) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	57
Çizelge 4.2. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Demir (Fe) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	60
Çizelge 4.3. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Kalsiyum (Ca) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	62
Çizelge 4.4. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Potasyum (K) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	65
Çizelge 4.5. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Çinko (Zn) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	68
Çizelge 4.6. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Magnezyum (Mg) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	70

Çizelge 4.7. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Bakır (Cu) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	73
Çizelge 4.8. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	75
Çizelge 4.9. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 1°C'de, 5 Atmosfer Basıncıta 15, 30 ve 45 Dakika Sürelerde Ozon Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Askıda Katı Madde (AKM) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	78
Çizelge 4.10. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Sodyum (Na) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı.....	81
Çizelge 4.11. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Demir (Fe) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	83
Çizelge 4.12. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Kalsiyum (Ca) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı.....	86
Çizelge 4.13. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Potasyum (K) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	89
Çizelge 4.14. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Çinko (Zn) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	92

Çizelge 4.15. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Magnezyum (Mg) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı.....	94
Çizelge 4.16. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Bakır (Cu) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı.....	97
Çizelge 4.17. Fluting, Gri Karton, Test Liner, Core Board ve Karışım Atık Sularına 25°C'de, % 1, 3 ve 5 Oranlarında Hidrojen Peroksit Eklenip 5 Saat Sürede Çalkalamılı Su Banyosunda Bekletilmesi, Öncesi ve Sonrasında Askıda Katı Madde (AKM) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	100
Çizelge 4.18. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Sodyum (Na) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Sodyum (Na) Miktarı	101
Çizelge 4.19. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Demir (Fe) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Demir (Fe) Miktarı	103
Çizelge 4.20. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Kalsiyum (Ca) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Kalsiyum (Ca) Miktarı.....	105
Çizelge 4.21. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında	

Potasyum (K) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Potasyum (K) Miktarı	107
Çizelge 4.22. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Çinko (Zn) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Çinko (Zn) Miktarı	109
Çizelge 4.23. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Magnezyum (Mg) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Magnezyum (Mg) Miktarı	111
Çizelge 4.24. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Bakır (Cu) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Bakır (Cu) Miktarı	113
Çizelge 4.25. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Kurşun (Pb) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı, Kuyu Suyundaki Kurşun (Pb) Miktarı	115
Çizelge 4.26. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	117
Çizelge 4.27. Fluting, Gri Karton ve Test Liner Atık Sularına 25 °C'de, 15 gr Kül Eklenip 15, 20 ve 25 Dakika Sürelerde Magnetik Karıştırıcıda Karıştırılması ile Yapılan Uçucu Kül Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Askıda Katı Madde (AKM) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	120

Çizelge 4.28. Karışım Atık Suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2,5 gr Pit Eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 Dakika Sürelerde Çalkalamalı Su Banyosunda Bekletilen Pit Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Sodyum (Na) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	121
Çizelge 4.29. Karışım Atık Suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2,5 gr Pit Eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 Dakika Sürelerde Çalkalamalı Su Banyosunda Bekletilen Pit Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Demir (Fe) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	123
Çizelge 4.30. Karışım Atık Suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2,5 gr Pit Eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 Dakika Sürelerde Çalkalamalı Su Banyosunda Bekletilen Pit Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Kalsiyum (Ca) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	125
Çizelge 4.31. Karışım Atık Suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2,5 gr Pit Eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 Dakika Sürelerde Çalkalamalı Su Banyosunda Bekletilen Pit Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Potasyum (K) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	127
Çizelge 4.32. Karışım Atık Suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2,5 gr Pit Eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 Dakika Sürelerde Çalkalamalı Su Banyosunda Bekletilen Pit Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Çinko (Zn) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	129
Çizelge 4.33. Karışım Atık Suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2,5 gr Pit Eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 Dakika Sürelerde Çalkalamalı Su Banyosunda Bekletilen Pit Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Magnezyum (Mg) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	131
Çizelge 4.34. Karışım Atık Suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2,5 gr Pit Eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 Dakika Sürelerde Çalkalamalı Su Banyosunda Bekletilen Pit Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Bakır (Cu) Miktarının Değişimi ve Azalma Oranı	133

ŞEKİLLER DİZİNİ	<u>SAYFA NO</u>
Şekil 1.1. Beykoz Hamidiye Kağıt Fabrikası.....	4
Şekil 1.2. PM1 Kağıt Makinesi	7
Şekil 1.3. PM2 Kağıt Makinesi	7
Şekil 1.4. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Yıllara Bağlı Olarak Kağıt- Karton Üretim Miktarları	9
Şekil 1.5. Suyun Kimyasal Yapısı.....	13
Şekil 1.6. Sudaki Hidrojen Bağları	14
Şekil 1.7. Türkiye'nin Mevcut Su Potansiyelinin Kullanım Oranları	22
Şekil 1.8. Pit Uygulaması ile Suda Görülen Renk Değişimi.....	35
Şekil 1.9. Uçucu Kül Uygulaması ile Suda Görülen Renk Değişimi	36
Şekil 1.10. Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Suda Görülen Renk Değişimi.....	37
Şekil 1.11. Ozon Uygulaması ile Suda Görülen Renk Değişimi	39
Şekil 3.1. Balık BİO Deneyi İçin Kullanılan Alabalıklar	48
Şekil 3.2. Ozon Reaktörü	50
Şekil 3.3. Ozon Uygulaması	50
Şekil 3.4. Uçucu Kül Deneyi.....	52
Şekil 3.5. Çalkalamalı Su Banyosu.....	53
Şekil 4.1. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	56
Şekil 4.2. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	57
Şekil 4.3. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	58
Şekil 4.4. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	58
Şekil 4.5. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	59
Şekil 4.6. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	59

Şekil 4.7. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	60
Şekil 4.8. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	61
Şekil 4.9. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	61
Şekil 4.10. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	61
Şekil 4.11. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	63
Şekil 4.12. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	63
Şekil 4.13. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	63
Şekil 4.14. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	64
Şekil 4.15. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	64
Şekil 4.16. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	65
Şekil 4.17. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	66
Şekil 4.18. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	66
Şekil 4.19. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	66
Şekil 4.20. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	67
Şekil 4.21. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	67
Şekil 4.22. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	68

Şekil 4.23. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	69
Şekil 4.24. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	69
Şekil 4.25. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	69
Şekil 4.26. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	70
Şekil 4.27. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	71
Şekil 4.28. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	71
Şekil 4.29. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	71
Şekil 4.30. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	72
Şekil 4.31. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	72
Şekil 4.32. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	73
Şekil 4.33. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	74
Şekil 4.34. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm).....	74
Şekil 4.35. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	74
Şekil 4.36. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (1 °C'de ve 5 atm)	76

Şekil 4.37. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	76
Şekil 4.38. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	76
Şekil 4.39. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm’de)	77
Şekil 4.40. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm)	77
Şekil 4.41. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm)	78
Şekil 4.42. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	79
Şekil 4.43. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm).....	79
Şekil 4.44. Core Board Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm’de)	79
Şekil 4.45. Karışım Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Ozon Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (1 °C’de ve 5 atm)	80
Şekil 4.46. Fluting Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	80

Şekil 4.47. Gri Karton Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	81
Şekil 4.48. Test Liner Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	82
Şekil 4.49. Core Board Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	82
Şekil 4.50. Karışım Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	82
Şekil 4.51. Fluting Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	84
Şekil 4.52. Gri Karton Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	84
Şekil 4.53. Test Liner Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	84
Şekil 4.54. Core Board Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	85
Şekil 4.55. Karışım Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	85
Şekil 4.56. Fluting Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	86

Şekil 4.57. Gri Karton Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	87
Şekil 4.58. Test Liner Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	87
Şekil 4.59. Core Board Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	87
Şekil 4.60. Karışım Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	88
Şekil 4.61. Fluting Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	88
Şekil 4.62. Gri Karton Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	89
Şekil 4.63. Test Liner Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	90
Şekil 4.64. Core Board Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	90
Şekil 4.65. Karışım Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	90
Şekil 4.66. Fluting Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	91

- Şekil 4.67. Gri Karton Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 91**
- Şekil 4.68. Test Liner Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 92**
- Şekil 4.69. Core Board Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 93**
- Şekil 4.70. Karışım Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 93**
- Şekil 4.71. Fluting Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 94**
- Şekil 4.72. Gri Karton Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 95**
- Şekil 4.73. Test Liner Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 Dakika sürede)..... 95**
- Şekil 4.74. Core Board Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 95**
- Şekil 4.75. Karışım Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 96**
- Şekil 4.76. Fluting Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede) 96**

Şekil 4.77. Gri Karton Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	97
Şekil 4.78. Test Liner Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	98
Şekil 4.79. Core Board Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	98
Şekil 4.80. Karışım Atık Suyuna Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Oranına Bağlı Olarak Yapılan Hidrojen Peroksit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede)	99
Şekil 4.81. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	101
Şekil 4.82. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	102
Şekil 4.83. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	102
Şekil 4.84. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	103
Şekil 4.85. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	104
Şekil 4.86. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	104

Şekil 4.87. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	105
Şekil 4.88. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	106
Şekil 4.89. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	106
Şekil 4.90. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	107
Şekil 4.91. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	108
Şekil 4.92. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	108
Şekil 4.93. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	109
Şekil 4.94. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	110
Şekil 4.95. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	110
Şekil 4.96. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	111

Şekil 4.97. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	112
Şekil 4.98. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 ve Hypo =1gr)	112
Şekil 4.99. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1gr).....	113
Şekil 4.100. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	114
Şekil 4.101. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	114
Şekil 4.102. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Kurşun (Pb) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	115
Şekil 4.103. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Kurşun (Pb) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	116
Şekil 4.104. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Kurşun (Pb) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	116
Şekil 4.105. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	117
Şekil 4.106. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	118

Şekil 4.107. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	118
Şekil 4.108. Fluting Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	119
Şekil 4.109. Gri Karton Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	119
Şekil 4.110. Test Liner Atık Suyuna Süreye Bağlı Olarak Yapılan Uçucu Kül Uygulaması ile Askıda Katı Madde (AKM) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pac=1,5 gr ve Hypo =1 gr).....	119
Şekil 4.111. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pit =2,5 gr)	121
Şekil 4.112. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (35 °C’de, Pit =2,5 gr)	122
Şekil 4.113. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Sodyum (Na) Miktarındaki Değişim (45 °C’de, Pit =2,5 gr)	122
Şekil 4.114. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pit =2,5 gr)	123
Şekil 4.115. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (35 °C’de, Pit =2,5 gr)	124
Şekil 4.116. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Demir (Fe) Miktarındaki Değişim (45 °C’de, Pit =2,5 gr)	124

Şekil 4.117. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pit =2,5 gr)	125
Şekil 4.118. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (35 °C’de Pit =2,5 gr)	126
Şekil 4.119. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Kalsiyum (Ca) Miktarındaki Değişim (45 °C’de, Pit =2,5 gr)	126
Şekil 4.120. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pit =2,5 gr)	127
Şekil 4.121. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (35 °C’de, Pit =2,5 gr)	128
Şekil 4.122. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Potasyum (K) Miktarındaki Değişim (45 °C’de, Pit =2,5 gr)	128
Şekil 4.123. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pit =2,5 gr)	129
Şekil 4.124. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (35 °C’de, Pit =2,5 gr)	130
Şekil 4.125. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Çinko (Zn) Miktarındaki Değişim (45 °C’de, Pit =2,5 gr)	130
Şekil 4.126. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pit =2,5 gr)	131
Şekil 4.127. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (35 °C’de, Pit =2,5 gr)	132

Şekil 4.128. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Magnezyum (Mg) Miktarındaki Değişim (45 °C’de, Pit =2,5 gr)	132
Şekil 4.129. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (25 °C’de, Pit =2,5 gr)	133
Şekil 4.130. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (35 °C’de, Pit =2,5 gr)	134
Şekil 4.131. Karışım Atık Suyuna Süreye ve Sıcaklığa Bağlı Olarak Yapılan Pit Uygulaması ile Bakır (Cu) Miktarındaki Değişim (35 °C’de, Pit =2,5 gr)	134

SİMGELER VE KISALTMALAR

M.Ö	:	Milattan önce
M.S.	:	Milattan sonra
KW	:	Kilovat
Kcal/mol	:	Kilokalori/mol
T	:	Sıcaklık
oC	:	Santigrad derece
TOCI	:	Toplam organik klor
COD (KOİ)	:	Kimyasal oksijen ihtiyacı
SSM (AKM)	:	Askıda katı madde
TOİ	:	Toplam oksijen ihtiyacı
BİO	:	Balık deneyi
ZSF	:	Zehirlilik seyreltme faktörü
km	:	Kilometre
m	:	Metre
cm	:	Santimetre
mm	:	Milimetre
µm	:	Milimikron
m²	:	Metrekare
m³	:	Metreküp
m³/t	:	Metreküp/saat
CaCO₃	:	Kalsiyum karbonat
TiO₂	:	Titanyum dioksit
HCl	:	Hidroklorik asit
NSSC	:	Su tutma kabiliyeti düşük kağıt
kg	:	Kilogram
gr	:	Gram
kg/ton	:	Kilogram/ton
gr/m²	:	Gram/metrekar
g/ m³	:	Gram/metreküp
ppm	:	Miligram/litre
l	:	Litre
pH	:	Asitlik derecesi
d/dk	:	Devir/dakika
Na	:	Sodyum
Fe	:	Demir
Mg	:	Magnezyum
Ca	:	Kalsiyum
K	:	Potasyum
Pb	:	Kurşun
Cu	:	Bakır
Zn	:	Çinko
DM (Mark)	:	Alman para birimi

1. GİRİŞ

İnsan sağlığını tehdit edecek, canlı kaynaklara ve ekolojik su sistemine zarar verecek, rekreasyonu tehlikeye sokacak veya suların diğer kullanımını güçleştirecek nitelikte sonuçlar meydana getiren ve doğrudan veya dolaylı bir şekilde insanlar tarafından su ortamına atılan her türlü madde, atık ve enerji su kirlenmesi şeklinde tarif edilmektedir.

Almanya’da yapılan istatistiklere göre en çok su tüketen endüstriler sırasıyla; kimya, demir-çelik ve kağıt endüstrisidir. Kağıt endüstrisinde su; fabrikasyonda, yıkamada, buharlaştırmada, kurutmada, enerji üretiminde vb. bol miktarda kullanılmaktadır. Taze 1 ton I. kalite kağıt üretmek için 65-70 m³, 1 ton atık kağıttan oluklu mukavva kağıdı üretmek için yaklaşık 8-10 m³ ton su kullanılmaktadır. Kağıt, medeniyetlerin vazgeçilmez bir kullanım aracı olduğundan üretim her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle kağıt fabrikalarının çevreye zarar vermeyecek şekilde en ekonomik ve en verimli koşullarda üretimini gerçekleştirmesi gerekmektedir (Eroğlu, 1978).

Endüstride zehirlilik meydana getiren sentetik organik maddeler 4 grup altında toplanırlar; bunlar deterjanlar pestisitler sıvı ve katı yağlar ve endüstriyel kimyasal maddelerdir.

Deterjanlar potansiyel olarak zehirli maddeler oldukları gibi köpüklenmeye de neden olurlar, kağıt fabrikalarında keçe yıkama gibi bazı temizlik işlerinde kullanırlar, bazı yüzey aktif maddelerde dispersiyon maddesi olarak, mikrobiositler ise kağıt endüstrisinde bakterilerin gelişimini engellemek için kullanılırlar. Bunlar klor, klorlu fenoller, aminler, kuaterner amonyum bileşikler, organik kükürt bileşikler, gümüş ve civa bileşikleridir. Sıvı ve katı yağlar potansiyel zehirlilikleri yanında su yüzeyinde birikerek havalanmayı ve güneş ışığının girmesini engellerler. Uçucu indirgenmiş sülfür bileşikler kraf yöntemiyle kağıt hamuru üreten fabrikaların zehirliliğine katkıda bulundukları gibi suyun tadını ve kokusunu bozarlar (Gobain, 1973).

Kirlenmenin önemli bir kısmı genellikle süspansiyondaki maddelerden ileri gelmektedir. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde bu maddeler kabuk parçaları, lifler, lif kırıntıları ile dolgu ve sıvamada kullanılan CaCO₃, TiO₂ ve kaolen gibi maddelerdir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Çevre yönünden olumsuz etkileri kontrol etmek amacıyla klorlama kademesinde kullanılan klorun atık suda klorlu organiklerin azaltılması için sonraki kademelerde bazı değişikliklerin yapılması gerektiğine inanılmıştır. Bu amaçla alkali ekstraksiyon kademesinde oksitleyici maddelerin kullanılmasına gidilmiştir.

Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası 26.05.1989 tarihinde atık kağıtlardan fluting, test liner, şirenz fluting, imitition kraft, NCCS, gri ve miğfer kartonu üretmek üzere kurulmuş olup, 20.11.1989 tarihinde ilk deneme üretimi gerçekleştirmiş ve 01.01.1990 tarihinde seri üretime geçmiş olup halen üretimini başarı ile sürdürmektedir.

Kahramanmaraş ilinin su bakımından zengin olması sebebiyle fabrika su bakımından büyük imkanlara sahiptir. Fabrikada beş adet kendisine ait su kuyusu bulunmakta fabrikanın temiz su ihtiyacı buralardan karşılanmaktadır.

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında kullanılan temiz ve atık suyun materyal ve metot kısmından belirtilen özellikleri incelenmiş, atık suyun çevreye ve üretime olan zararları belirtilmiştir. Bununla üretimde kullanılmış atık su belirli koşullarda

fiziksel ve kimyasal arıtma sistemlerinden geçirilerek standart değerlere çıkarıldıktan ve optimum arıtma koşulları belirlendikten sonra kanala verilecek ve kağıt fabrikasının çevreyi kirletmeye olan etkisi en aza indirilecektir.

1.1.Kağıt' ın Tarihçesi

1.1.1.Dünyada Kağıtçılığın Tarihçesi

Kağıt'ın icadı yazının icadıyla başlar. İlk yazı benzeri işaretler için M.Ö.8000 yıllarına kadar iniliyorsa da, yazının icadında M.Ö.3500 yılları genel olarak kabul gören Güney Mezopotamya'da yaşayan Sümerler tarafından bulunmuştur (İlyasoğlu, 2000).

İnsanoğlu her zaman haberleşmek, düşüncelerini aktarmanın ve kaydetmenin yollarını ve bunları nasıl daha ileriye götüreceğini araştırmıştır. Bunların ilk örnekleri olarak mağara duvarlarına ve taşlar üzerine resimler çizmişler daha sonraları balmumundan yapılmış levhalar, bambu yaprakları, bronz, ipek ve kil tabletleri, yumuşak taşlar, hayvan kemikleri, odun parçaları, ağaç kabukları, metal levhalar ve hayvan derileri üzerine yazı yazma yoluna gitmişlerdir. Çok miktarda bilginin kaydedilmesi ve ucuza elden ele dolaşması kağıt' ın buluşuna kadar mümkün olmamıştır.

M.Ö.4000 Eski Mısırlılar kağıt' ın atası ve birçok dilde ona adını veren bizim bildiğimiz şekliyle kağıt benzeri ilk maddeyi "Papiros" ü bulmuşlardır. Papiros adı bir kamış varyetesi olan ve Nil nehri kıyısında yetişen Papyrus antiquorum bitkisinden gelmektedir (Aribert, 1954).

Papiros; dokunarak hasır haline getirilmiş saz kamışlarının dövülerek sert ve ince bir sayfa haline getirilmesiyle oluşmuştur. İngilizce haliyle kağıt demek olan "paper" kelimesi de "papyrus" olarak günümüze kadar gelmiş bir kelimedir. M.Ö.356-323 yıllarında Büyük İskender Mısır'ı fethedince Yunanlılar Papiros'u öğrendiler. Daha sonra, oradan da kullanımı İtalya'ya ve Akdeniz'e yayılmıştır (Kağıtçı, 1977).

M.Ö.200 yıllarında Bergamalıları koyun keçi ve dana derisinden parşömen adı verilen yazı sayfasını yapmışlardır. Bugün bile bazı lüks kitaplar ve önemli vesikalar için parşömen kullanılmaktadır. Bu arada Çin'de keten ve ipek kumaşlar ile bambu yaprakları yazı yazmak için kullanılmıştır (Anonimi, 1993).

M.S.105 bildiğimiz haliyle kağıt Çinli bir askeri mahkeme memuru olan Ts'ai Lun tarafından bulunmuştur. İnaniş'a göre Ts'ai dut kütüğünü karışımı ve ufak bez parçalarını suyla karıştırmış bu karışımı ezerek bir kağıt hamuru haline getirmiş, suyunu çıkararak incelttiği karışımı güneşte kurumaya bırakmıştır. Böylelikle kağıt doğmuş, bu karışım insanoğlunun en harika iletişim inkılap'ı olmuştur. Ancak, Çin'de 1978 yılında yapılan arkeolojik kazılarda bulunan kağıt parçalarının tarihi M.Ö. 73-49 yıllarına kadar gittiği bulunmuştur. Bu bulguya dayanılarak kağıdın icadının Batı Hun Hanedanına ait olduğu kabul edilmektedir (Mc Govern, 1982).

Böylelikle Çin' de edebiyat ve sanat adeta parlamıştır. M.S. 610' da kağıt sanatı Budist rahipler tarafından Japonya' ya yayılmaya başlamıştır. Kağıt yapımı Japon kültürünün en önemli parçası haline gelmiş ve yazı yazmak, yelpaze, elbise, kukla yapımında kullanılmış ve evlerinin en önemli parçasını oluşturmuştur. Ayrıca kalıp baskı tekniği ilk kez Japonlar tarafından kullanılmıştır. M.S.751'de Semerkant, Çin ve Arap orduları barış içinde ticaretin sürdüğü onlarca yıldan sonra çarpışmaya başladılar. Çinliler bozguna uğratılmış ve çoğu esir alınmıştır. Mahkûmlar arasında bulunan kağıt üreticileri

özgürlüğün karşılığında, Araplara kağıt üretiminin sırlarını öğreterek anlaşma girişimlerinde bulunmuşlardır. M.S.1009'da kağıt' ın Araplardan Avrupa'ya geçmesi yaklaşık 400 yıl almıştır.

Avrupa'da en eski kağıt fabrikası Valencia yakınlarındaki Xativa Kasabasında 1144 yılında Müslümanlar tarafından kurulmuştur. İtalya'da 1276 yılında Araplar ve Yahudilerce yayılmaya başlanmıştır. Daha sonra Fransa 1348, Almanya 1390, İsviçre 1432, İngiltere 1494, Hollanda 1586, Finlandiya 1667, Norveç 1965 yıllarını takip etmiş, Amerika kıtasında kağıt yapımı ise ilk kez 1575 yılında Meksiko şehrinde başlamış A.B.D.'de 1690 yılında, Kanada'da 1803 yılında ilk kağıt fabrikası kurulmuştur (Eroğlu ve Usta, 2004).

16. yüzyılın başlarına kadar Tsai Lun'nun yöntemi kullanılmış, sonra paçavra kullanımıyla devam etmiştir. Paçavra yabancı maddelerden temizlenip büyük çuvallarda ıslatılıp fermentasyona uğratarak çürümeye bırakılıyor, bu arada sıcaklık yükselmesi mantar ve küflerin kontrol altına alması için süre kısa tutularak bitkisel kül kullanılmıştır.

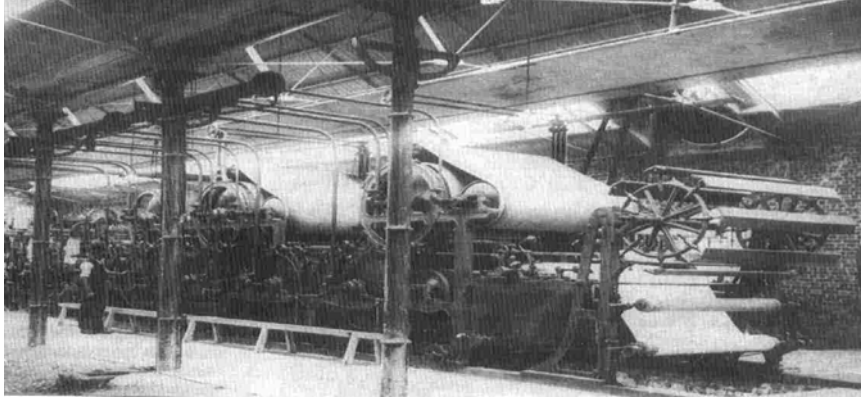
18. yüzyılda Rene de Reaumur eşek arılarını yuvasını incelediğinde yuvaların içerisinde yuvanın bitki artıklarından olduğunu ve yapısal bakımdan kağıda benzediğini fark etmiş, 1719 yılında bundan esinlenerek kendir ve paçavra yerine odundan kağıt yapılabileceğini ileri sürmüştür. Almanya'da başka bir bilim adamı Friedrich G. Keller bundan esinlenip odun liflerini kullanarak kağıt yapan bir makinenin ilk patentini almıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

18. yüzyılda endüstriyel ve kimyasal alandaki gelişmeler kağıt sektörüne etki etmiş; Scheele' in 1774'te kloru bulması, Berthollet' in bu maddeyi Javel suyu şeklinde ağartmaya uygulaması 1794' te Le Blanc' in Sodyum Karbonat'ı bulması, 1798'de Essones ve kağıtçılıkta çalışan L.N. Robert' in sürekli ve mekanik olarak çalışan Fourdrinier kağıt makinesini, 1818 yılında Canson' un sonsuz eleğin altındaki vakum kasalarını bulması ve bundan sonraki buluşlar endüstriyel olarak kağıt yapımına götürmüş süreci azaltarak verimi artırmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

1.1.2. Türkiye'de Kağıtçılığın Tarihçesi

Kağıt, kültür ve sanayi alanındaki yeri ile insanlığın en önemli ihtiyaç maddelerinden biridir. Bu nedenle, Kağıt Sanayinin gelişmesi, bir ülkenin sanayi ve kültürel gelişmesi ile paraleldir. Bu yönüyle kağıt tüketimi bir uygarlık ölçüsü olarak kabul görmektedir. M.S.105 yılında Çinliler tarafından bulunan kağıt, Türkiye'de ancak, Osmanlılar Dönemi'nde 18-19 yüzyıllarda Yalova'da matbaanın gereksinimini karşılamak için 1476 yılında "Yalakabat Kağıthanesi" kurulmuştur (Kağıtçı, 1977).

Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi Yalova ve Beykoz' da kurulan imalathaneler, kapitülasyonlar ve yabancılara tanınan çeşitli imtiyazlar nedeniyle yabancı şirketlerle rekabet edemediklerinden kurulmalarından kısa bir süre sonra kapanmıştır.



Şekil 1.1.Beykoz Hamidiye Kağıt Fabrikası

Kağıt üretiminin ülke için ne kadar gerekli olduğunu Mustafa Kemal Atatürk “Bir memleket kağıdını kendi yapmadığı zaman ulusal kültürünü yabancı lütfuna bağlar” sözleriyle ifade etmiştir (Özdemir, 2006).

Cumhuriyetin ilanı ile bir yatırım ülkesi özelliği kazanmış ve sanayileşme çabalarına hız vermiş olan Ülkemizde, kültür ve sanayi alanındaki yeri ile insanlığın vazgeçilmez ihtiyaç maddelerinden biri olan modern anlamda kağıt fabrikasının 1934’te temeli atılmış 18 Nisan 1936 tarihinde Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları (SEKA) İzmit’te üretime başlamıştır.10.000 ton/yıl kapasitesi bulunan İzmit İşletmesi’nde, 1936 yılında 4.000 ton kağıt üretilirken 14.400 ton kağıt tüketilmekteydi, 1938 yılında yapımı tamamlanan fabrikanın kuruluşu Sümerbank tarafından gerçekleştirilmiş, daha sonraları 1944, 1954, 1957 ve 1959 yıllarında yapılan eklemelerle genişletilmiştir.

1970 yılında Zonguldak Çaycuma kraft kağıtı ve selüloz fabrikası, yine 1970 yılında Giresun (Aksu) mekanik hamur ve gazete kağıtı fabrikası gibi birçok fabrika kurulmuştur. 1984 yılında ise Seka Akdeniz (Silifke) Kraft Hamuru Kraft Lineer üreten entegre tesisleri ile Kastamonu Müessesesi hizmete açılmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Sektörün dönüm noktası; 1970 yılından önce 15.000 ton civarında bir üretim gücü olan Özel Sektör kuruluşlarının 1970 yılından sonra gelişen zaman içinde modern ve büyük kapasitelerle üretime geçmesi ile olmuştur.

Sürekli zarar nedeniyle 2000’li yıllarda SEKA’ya ait 7 kağıt fabrikadan 6’sı özelleştirilerek devlet, kağıt sanayinden elini çekmiş ve özel sektöre bırakmıştır. Böylece, kağıt fabrikaları rekabete daha açık çalışma olanağına kavuşmuştur. Özelleştirme ve Avrupa birliğine uyum çalışmaları sürecinde ve bundan sonra artık Türkiye’de kağıt sanayinin gelişmesi özel sektörün tecrübe, başarısı, yeni yatırımlarına, dış piyasayla her türlü rekabetine bağlı olacaktır (Özdemir, 2006).

Özel Sektör kuruluşlarının 2005 yılı üretim kapasitesi 2.350.000 ton’dur. Türkiye kağıt-karton üretim kapasitesi, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %0,8’lik bir artış göstererek 2.507.400 ton’a ulaşmıştır. Türkiye kağıt-karton üretimi, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %10,3’lük bir artış göstererek 1.951.857 ton’a ulaşmıştır. Türkiye kağıt-karton ithalatı, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %13,2’lik bir artış göstererek 1.967.549 ton’a ulaşmıştır. Türkiye’de kağıt karton ihracatı 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %2,7’lik bir azalma göstererek 174.403 ton olmuştur. Türkiye kağıt-karton tüketimi, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %11,6’lık bir artış göstererek 3.740.148 ton’a ulaşmıştır (Anonim, 2006).

1.1.3. Türkiye Kağıt-Karton Sanayi'nin Dünyadaki Yeri

2001 yılı verilerine göre Dünya kağıt ve karton üretimi 318.147.000 tondur. Bunun Kuzey Amerika 100.433.000 tonunu, Avrupa 98.255.000 tonunu, Latin Amerika 14.855.000 tonunu, tim Asya 97.661.000 tonunu, Avustralya 3.494.000 tonunu, Afrika 3.449.000 tonunu üretmiştir. Kağıt hamuru üretimi 179.374.000 tondur. 2001 Türkiye 1.513.000 ton ile kağıt ve karton üretiminde 26. sırada yer almakta tüketim 2.017.000 ton kişi başına düşen tüketim 31 kg'dır (Eroğlu ve Usta, 2004).

2005 yılına gelindiğinde ise Dünya kağıt ve karton üretimi 367.025.000 tondur. Türkiye'de kağıt ve karton üretimi 1.951.857 ton olmuştur. Çizelge 1.3.'e baktığımızda aynı yıl kişi başına kağıt ve karton tüketimi bir önce ki 2004 yılına göre 5,0 kg artış ile 51,2 kg'a yükselmiştir. Türkiye'de 51,2 kg olmasına karşın ABD'de kişi başına tüketim 300 kg ve Avrupa ülkelerinde 200 kg civarında olduğu dikkate alındığında 70 milyon nüfusa sahip ülkemizde kağıt ve karton sektör'ündeki potansiyeli daha bir açıklıkla ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2006).

Dünya sıralamasında kağıt ve karton üretiminde 1.951.000 ton ile 26. sırada, kağıt ve karton tüketiminde 3.744.000 ton ile 18.sırada ve 51.2 kg ile 56 sırayı alarak bir ülkenin gelişmişlik sınırı kişi başına 40 kg kağıt tüketiminden itibaren başladığı sınırını aşmıştır.

Aşağıda Çizelge 1.1.'de 2001-2005 yılları arası Türkiye'nin kağıt ve karton üretimi rakamlarının yansıttığı gerçek, Türkiye'nin kağıt ve karton sanayisinin büyümesine açık bir ülke olduğunu göstermektedir. Tüketimde 18. sırada üretimde 26. sırada olması Türkiye'yi net kağıt ve karton ithal eden bir ülke konumuna koyuyor ve son beş yıllık gelişimi ile dünya kağıt ve karton üretiminin aynı dönemlerdeki gelişmesine baktığımızda Çizelge 1.2.'de 2001-2005 yılları arasında Türkiye'nin kağıt ve karton tüketiminde bir paralellik söz konusudur. Sanayimizin gelişme hızı dünyadaki yerini korumaktadır. Çizelge 1.3.'de ise 2001-2005 yılları arasında Türkiye'nin kişi başına kağıt ve karton tüketimi ve dünya sıralamasındaki yeri görülmektedir (Anonim, 2006).

Çizelge 1.1. 2001-2005 Yılları Arasında Türkiye'nin Kağıt ve Karton Üretimi (Selüloz Ve Kağıt Sanayi Vakfı, 2006).

Yıllar	Kağıt ve Karton Üretimi (ton)	Dünya sıralamasındaki Yeri
2001	1.485.000	28
2002	1.643.000	28
2003	1.619.000	28
2004	1.769.000	28
2005	1.951.000	26

Çizelge 1.2. 2001-2005 Yılları Arasında Türkiye'nin Kağıt ve karton Tüketimi (Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı, 2006).

Yıllar	Kağıt ve Karton Tüketimi (ton)	Dünya sıralamasındaki Yeri
2001	2.024.000	25
2002	2.492.000	22
2003	2.895.000	21
2004	3.329.000	21
2005	3.744.000	18

Çizelge 1.3. 2001-2005 Yılları Arası Türkiye’nin Kişi Başına Kağıt ve Karton Tüketimi ve Dünya Sıralamasındaki Yeri (Anonim, 2006)

Yıllar	Kişi Başına Kağıt-Karton Tüketimi (kg)	Dünya sıralamasındaki Yeri
2001	31,1	64
2002	37,2	59
2003	42,5	58
2004	46,2	57
2005	51,2	56

1.2. Kağıt Nedir?

Kağıt; bitkisel liflerin özel aletlerle dövülmesi sonucu liflerin keçeleşmesi, saçaklanması, su emerek şişmesi ve mekanik etkiler sonucu kesilmesinden sonra süzgeç üzerinde oluşturulan safihanın daha sonra kurutulmasıyla hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belirli bir sağlamlık kazanan düzgün sayfadır (Eroğlu, 1990).

1.2.1. Atık Kağıt Nedir?

Genel olarak son ürün olduğu halde kullanım amacına hizmet edip atıldıktan sonra bir hammadde gibi yeniden ve ikinci kez kağıt endüstrisinde değerlendirilebilen kağıtlara atık kağıt denir (Tutuş ve Akgül, 2001).

Son madde veya mamul madde olduğu halde kullanım amacına hizmet edip atıldıktan sonra bir hammadde gibi yeniden ikinci defa kağıt endüstrisinde değerlendirilebilen kağıtlara “Atık Kağıt” veya “Geri Dönüştürülebilir Kağıt” denilmektedir (Ulusal Kağıt Sempozyumu; 1, 2, 3, 4).

Dünyada yaygın olarak atık kağıtların 5 ana grup altında sınıflandırılması yönünde olmuştur.

- OCC: Eski oluklu mukavva kutular, esmer kraft hamuru esaslı torba kağıtları ve ambalaj kağıtları
- ONP-OMP: Eski gazete, dergi ve mecmua kağıtları, gazete matbaasından alınan hatalı basım yapılmış kağıtlar ve baskı fazlalıkları,
- Cuttings: Kağıt’ ı işleyip defter, zarf vb. ürünlere dönüştüren işlemlerden alınan en yüksek kalitede mürekkepsiz kırıntı kağıtlar.
- MOW: Ofis, mesken, eğitim kurumları vb. kaynaklı renkli kağıtlar, zarflar, eski dergi, kataloglar ve yiyecek paketlemede kullanılan kağıt ve kartonları içeren karışık kağıtlar.
- OWP-CPO: Genellikle mürekkebi temizlenerek işlenecek kalitede kampanya ile toplanmış daha çok kimyasal hamurca zengin atık kağıtlar, eski defterler bilgi işlem merkezinden alınan printer çıktıları.

Atık kağıt işleyen fabrikaların özel talepleri yukarıda belirtilen beş ana grup altında toplanan sınıflandırma sayısını artırmıştır. Günümüzde 50’e yakın atık sınıfını ve 30’un üzerinde özellikli hazırlanmış atık kağıt sınıfı bulunmaktadır.

1.3. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Tanıtımı:

Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Ticareti A.Ş. 26.05.1988 yılında Kahramanmaraş ilinde temelleri atılmış, tesisin makine ve cihazları İtalya’dan getirtilmiştir. 10.11.1989 tarihine kadar montajı tamamlanmış 20.11.1989 tarihinde ilk deneme üretimine

başlamıştır. Seri üretime ise 01.01.1990 tarihinde geçilmiş bugün halen üretimini başarıyla devam ettirmektedir.

Fabrika, Gaziantep yolu üzerinde Yeni Sanayi Sitesi karşısında kurulu olup, ayrıca İstanbul'da Merkez irtibat bürosu vardır. Fabrika toplam olarak 192.000 m² bir alan üzerine kurulu olup, bu alanın 30.000 m² si kapalı alandır. Fabrikanın 25.000 tonluk saman sahası şu an Saman Fluting üretimi yapmamakta ve 10.000 tonluk atık kağıt sahası mevcut olup, bu sahalar açık sahadır. 1997 yılında yapılan modernizasyon yatırımı ile komple yeni bir yatırım olan PM2 kağıt makinasının üretime katılmasıyla kapasitesini 110.000 ton/yıl'a yükseltmiş ve 2007 yılında PM1 kağıt makinesinde yapılan revizyonla kapasitesini % 30 artırmıştır. Şekil 1.2'de PM1 kağıt makinesi, Şekil 1.3.'de ise PM2 kağıt makinesi görülmektedir.



Şekil 1.2. PM1 Kağıt Makinesi



Şekil 1.3. PM2 Kağıt Makinesi

PM1 Kağıt Makinesi 90-175 gr/m³ ağırlığında 370 cm genişlikte üretim yapmakta ve 450 metre/dakika hızda çalışmakta olup PM2 Kağıt Makinesi ise 90-380 gr/m³ ağırlığında 230 cm genişlikte üretim yapmakta ve 370 metre/dakika hızda çalışmaktadır.

Kurulduğu günden bugüne oluklu mukavva sektörüne yönelik fluting ve test liner üretimiyle tanınan Kahramanmaraş Kağıt son üç yıldır değişik sektörlerle yönelik kağıt imalatına da başlamıştır. Kendi bünyesinde oluşturduğu Ar-Ge çalışmaları ile tekstil, matbaa mobilya sektörlerine yönelik çeşitli karton ve kağıt ürünlerini üretim portföyüne eklemiştir.

Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası globalleşen pazardaki yerini alabilmek için yola çıktığı Toplam Kalite Yönetimi ve Müşteri Memnuniyeti anlayışında önemli çalışmalar gerçekleştirmiş ve 1998 yılında ISO 9002 Kalite Güvence Belgesini almaya uygun görülerek dünya standartlarında sürekli gelişen bir yapı içerisinde çevreye saygılı, kaliteli üretimi ile müşteri memnuniyeti anlayışını pekiştiren sektöründe her anlamda öncü firmalar arasındaki yerini ispatlamıştır.

Bölgemizde bulunan özel sektör kağıt endüstrileri içerisinde tek ve en büyük işletme olup ülkemizdeki kağıt ve ambalaj endüstrileri içerisinde ilk 5' ten biridir. Fabrika, kağıt sektöründe geliştirilen en son teknolojileri kullanarak pazardaki yerini korumak için sürekli yatırım yapmaktadır. Ayrıca, iki kağıt makinesine alınan proses kontrol sistemi ile fabrika tamamen otomasyona geçmiştir (Anonim a, 2007).

Kağıt sanayi kuruluşlarının can damarlarından biriside sudur. Kahramanmaraş ilinin su bakımından zengin olması sebebiyle fabrika büyük imkânlara sahiptir. Fabrikada beş adet su kuyusu bulunmaktadır.

Fabrika kendi kurduğu ‘co-generation’ sistemiyle kendi elektriğinin şu anda %65-70’ini üretebilmektedir. Yakın zamanda ikinci türbinin devreye alınmasıyla elektriği satma aşamasına gelecektir.

Fabrika üç vardiya halinde çalışmakta, istihdam düzeyi 250 kişi olup, Orman Endüstri Mühendisi; 4, Elektrik-Elektronik Mühendisi; 1, Makine Mühendisi; 2 ve Kimya Mühendisi; 1 adet bünyesinde çalıştırmaktadır.

1.3.1. Fabrikada Yapılan Üretimler

Standartlara göre kağıt ve kartonlar (kullanma amaçlarına göre) iki ana gruba ayrılırlar.

- 1- Kültürel kağıt ve kartonlar: Yazı ve baskıya uygun olan gazete, dergi, kitap yazı kağıdı vs.
- 2- Endüstriyel kağıt ve kartonlar: Ambalaj kağıtları, kutu imali ve temizlik kağıtlarıdır. Ayrıca fotoğraf kağıdı, elektriksel ızalasyon kağıdı ve diğer kağıtlar.

Kahramanmaraş kağıt fabrikasında ikinci grupta yer alan endüstriyel kağıt ve kartonların üretimi yapılmaktadır. Bunlar ambalaj sanayi ve kutu imalinde kullanılmaktadır. Ambalaj kağıdı üretimine yönelik bir çok çeşit kağıt üretimi yapılmaktadır. Müşteri firmalardan gelen siparişlere göre üretim çeşidi değiştirilmektedir. Fabikanın yapmış olduğu üretim çeşitleri aşağıda verilmiştir (Anonim a, 2007).

1. Fluting: Her çeşit atık kağıt’ tan üretilen hiçbir kimyasal katkı ve işleme tabi tutulmayan bir kağıt cinsidir. Diğer kağıtlarla karşılaştırıldığında mukavemeti daha düşük gramajı 95-200 gr/m² olan bir kağıt’ tır .

2. Nssc: Flutingden farklı olarak su emme kabiliyeti düşük olan bir kağıt cinsidir. Gramajı 127-250 gr/m² olan bir kağıt’ tır.

3. İmitasyon kraft: Atık çimento kağıtları ve çok az oranda artık oluklu mukavvadan oluşmuş, su emme kabiliyeti düşük olan, boya ile renklendirilmiş, şap ve reçine gibi maddelerle fiziksel direnç özellikleri artırılmış gramajı 125-250 gr/ m² olan bir ambalaj kağıdı cinsidir.

4. Gri karton: Matbaa artıkları ve dosya gibi gri ağırlıklı eski kağıtlardan ve gazete kağıtlarından yapılan su emme kabiliyeti düşük, gramajı 140-350gr/m² olan bir karton çeşididir. Fabrika üretiminin yaklaşık % 20-25’i gri kartondur.

5. Test liner: Alt katı saman fluting, üst tarafı kraft olarak adlandırılan çimento torba türü kağıtlardan, boya ile renklendirilmiş, sıvılara karşı mukavemetli, gramajı 120-250 gr/m² olan çift katlı kağıttır.

6. Core-Board: Gramajı en yüksek kağıt olup oluklu kağıtlardan elde edilmektedir. Mukavemet değerleri yüksektir. Gramajı 140-350 gr/m² olan bir kağıt cinsidir.

Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında yapılan belli başlı üretimler ve toplam üretim içindeki yüzdesi Çizelge 1.4.’te, her iki makine için yıl bazında üretim miktarı Çizelge

1.5.'de verilmiş, Çizelge 1.6.'da 2006 yılı için ayrıntılı üretim miktarı ve Şekil 1.4.'de Yıllara bağlı olarak Kağıt-Karton Üretim Miktarları verilmiştir.

Çizelge 1.4. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında yapılan üretimler ve toplam üretim içindeki yüzdesi.

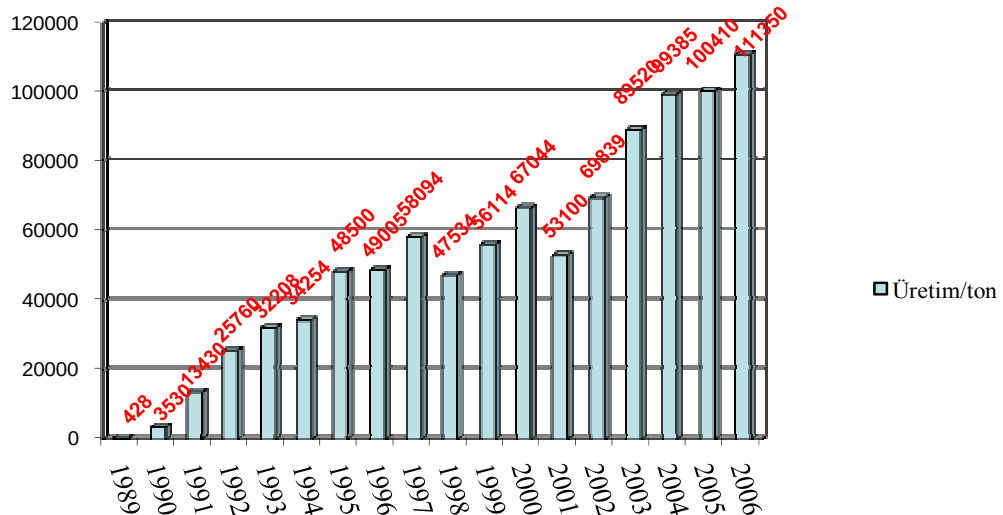
Üretim Çeşidi	Gramaj aralığı	Üretim yüzdesi
Fluting	95-200 gr/m ²	% 56
Nssc	127-250 gr/m ²	% 3
İmmitasyon Kraft	125-250 gr/m ²	% 1
Gri Karton	140-350 gr/m ²	% 24
Test Liner	120-250 gr/m ²	% 9
Core Board	140-350 gr/m ²	% 7

Çizelge 1.5. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası PM1 VE PM2 için yıl bazında üretim miktarı(Ton).

Yıllar	2001	2002	2003	2004	2005	2006
PM1	39.743.370	39.484.650	48.920.300	56.291.170	55.500.810	59.754.200
PM2	13.356.623	30.354.230	40.599.580	43.094.060	44.670.600	51.596.640
Toplam	53.099.993	69.838.880	89.519.980	99.385.230	100.410.000	111.350.840

Çizelge 1.6. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası 2006 yılı için ayrıntılı üretim miktarı.

Üretim	Toplam Üretim (Kg)	Ortalama(Aylık)	Oran (%)
Fluting	63.424.490	5.285.374	56
Nssc-F	2.940.650	245.054	3
İmitasyon	327.420	27.285	1
Test Linier	10.592.500	882.708	9
Core-board	7.480.285	623.357	7
Gri Karton	26.409.225	2.200.768	24
Toplam	111.350.840	9.279.236	



Şekil 1.4. Kahramanmaraş Kağıt fabrikasında yıllara bağlı olarak kağıt-karton üretim miktarları.

1.3.2. “Co-Generation” (Elektrik Üretim) Sistemi

İşletme, 2004 yılında üretime geçen ‘co-generation’ sistemi ile kendisine yetecek elektrik enerjisini ve buhar tüketimini çok ekonomik olarak üretmektedir. Günlük elektrik üretimi 6 Megawatt olup kendi ihtiyacının %65-70’ini karşılamaktadır. Yakın zamanda ikinci türbinde faaliyete alınacaktır. İkinci türbin de çalıştıktan sonra ihtiyacının tamamını karşılayacak ve geri kalanı da satma aşamasına gelecektir. Yıllara göre Elektrik ve Fuel-Oil ve kömür tüketim miktarları Çizelge 1.7.’de verilmiştir.

Çizelge 1.7. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında 2000-2006 yılların arası elektrik, fuel-oil ve kömür tüketim miktarları.

Yıllar	Fuel- Oil (Kg)	Kömür (Kg)	Tek (Kw)	Türbin (Kw)	Tek+Türbin (Kw)
2000	11.740.205	0	37.977.600	3.336.242	41.313.842
2001	9.111.684	0	31.767.250	1.420.732	33.187.982
2002	11.589.440	0	36.332.850	3.684.424	40.017.174
2003	14.756.053	0	44.119.200	5.146.150	49.265.350
2004	3.089.612	36.927.620	35.201.450	19.284.769	54.486.219
2005	0	62.868.623	19.130.270	35.928.245	55.058.465
2006	0	69.923.408	22.171.910	37.990.642	60.162.552
Toplam			278.947.220	37.973.282	316.920.502

1.4. Kağıt Fabrikası Atıkları

Kağıt hamuru ve kağıt, değişik hammaddeler ve farklı kimyasal katkı maddeleri kullanılarak üretilmektedir. Üretim metotları, kullanılan hammadde ve kimyasallar farklı kirletici özelliklere sahiptir. Çevre bilincinin güçlenmesiyle çevreyi kirleten ve insan yaşamını tehdit eden kağıt hamuru üretim ve ağartma yöntemleri üzerinde ciddi baskılar oluşmaktadır. Bu nedenle, günümüzde yürütülen çalışmalar, mevcut teknolojilerin olumsuz yönlerinin ortadan kaldırılması, verimi yüksek ve çevre kirliliği meydana getirmeyen, üretimde seçici kimyasalların kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır (Tutuş ve Karademir, 2002).

Kağıt endüstrisi çevreyi en fazla kirleten endüstriler içinde yer almaktadır ve gerek çevresel gerekse yasal baskılarla karşı karşıyadır. Hava ve su kirlenmesini en aza indirmek ve sürekli kontrolünü sağlamak, kağıt maliyetlerini de etkileyen pahalı yatırımları gerektirmektedir (Patt ve ark., 1992).

Halen en çok kullanılan kraft yöntemi birçok üstünlüğüne rağmen; pişirme, buharlaştırma ve geri kazanma sırasında atmosfere kötü kokulu merkaptanlar ve hidrojen sülfür gibi kükürtlü bileşikler saldığundan havayı kirletmektedir. Bisülfite yönteminde ise kullanılan kimyasal maddeler ya geri kazanılamamakta ya da uzun ve pahalı işlemleri gerektirmektedir. Bu nedenle; günümüzde yürütülen çalışmalar, mevcut teknolojilerin olumsuz yönlerinin ortadan kaldırılması, verimi yüksek, çevre kirliliği meydana getirmeyen, üretimde seçici kimyasalların kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır (Akgül ve Tutuş, 1999).

Kağıt ve kağıt hamuru fabrikaları atık suları, genellikle sudaki balıklara ve diğer canlılara karşı zehirli etki yaparlar. Odun hammaddesindeki bu maddeler; pimarik, palustrik, izopimarik, neoabietik ve abietik asitleri, diklorofenol, tri ve tetraklorofenol, di,

tri, tetra guaiacol ve tri, tetra, penta klor aseton gibi klorlu fenoller, palmitik, stearik, oleik, linoleik asit gibi yağ asitleri; huş odununun kabuklarında bulunan betülligenol ve betülinol maddeleri ve pimarol, pinarol ve stesterol gibi diğer maddelerdir. Bu maddelerin birçoğu kabuklarda bulunmaktadır. En önemli zehirli maddelerin reçine asitleri olduğu ve sülfidler, merkaptanlar, fenoller ve terpenlerin de oldukça zehirli oldukları belirlenmiştir (Eroğlu, 1981; Tutuş, 1996).

Endüstride zehirlilik meydana getiren sentetik organik maddeler 4 grup altında toplanırlar (Casey, 1966):

- 1- Deterjanlar,
- 2- Pestisitler,
- 3- Sıvı ve katı yağlar ve
- 4- Endüstriyel kimyasal maddelerdir.

Deterjanlar potansiyel olarak zehirli maddeler oldukları gibi ayrıca köpüklenmeye de neden olurlar. Kağıt fabrikalarında keçe yıkama gibi bazı temizlik işlerinde kullanılırlar. Bazı yüzey aktif maddeler de dispersiyon maddesi olarak kullanılırlar. Mikrobiyositler kağıt endüstrisinde bakterilerin gelişimini engellemek için kullanılırlar. Bunlar; klor, klorlu fenoller, aminler, kuaterner amonyum bileşikler, organik kükürt bileşikler, gümüş ve civa bileşikleridir. Sıvı ve katı yağlar potansiyel zehirlilikleri yanında su yüzeyinde birikerek havalanmayı ve güneş ışığının girmesini engellerler. Uçucu indirgenmiş sülfür bileşikler (H_2S , CH_3SH , CH_3SCH_3 ve CH_3SSCH_3) kraft yöntemiyle kağıt hamuru üreten fabrikaların zehirliliğine katkıda bulundukları gibi suyun tadını ve kokusunu bozarlar. Kirlenmenin önemli bir kısmı genellikle süspansiyondaki maddelerden ileri gelmektedir. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde bu maddeler; kabuk parçaları, lifler, lif kırıntıları ile dolgu ve sıvamada kullanılan $CaCO_3$, TiO_2 , kaolen gibi maddelerdir. Kimyasal hamur fabrikaları tarafından uluslararası çapta görülen en önemli problemlerden birisi ağartma atık sularının çevre üzerine etkisinin azaltılması yolundaki çalışmalardır. Ağartma işlemi sırasında oluşan inorganik ve organik reaksiyon ürünleri geri kazanma sisteminde dahili olarak yapılan işlemde farklıdır. Atık su problemi bir yana ağartılmış hamurda kalan klorlu bileşiklerden özellikle klorlanmış dioksanlar ve furanlara dikkat çekilmiştir. Bu yüzden çevresel faktörler ağartma işleminin gelecekteki gelişmesinde hayatiyet kazanacak önemli bir anahtar durumundadır (Tutuş ve Karademir, 2002).

Kağıt hamuru ağartma bir anlamda ligninden arındırma işleminin devamı olup bu amaçla en fazla kullanılan maddeler klor içeren bileşiklerdir. Fakat; bu bileşiklerin aşırı derecede çevre kirliliği meydana getirmesi ve özellikle atık sulara geçen klorlu bileşiklerin kanserojen özellikteki bileşiklere dönüşmesi nedeniyle kullanımına sınırlamalar getirilmektedir. Geleneksel ağartma yöntemleriyle yapılan ağartmalarda ortaya çıkan toplam organik klor (TOCl) bileşiklerinin miktarı 5.9 kg/ton olup 1990 yılından geçerli olmak üzere İsveç'te ağartma sonucu ortaya çıkan TOCl bileşiklerinin miktarı 1.8 kg/ton olarak sınırlandırılmıştır (Myers ve ark., 1989).

Tek başına oksijen delignifikasyonu TOCl emülsiyonu ton başına 2.27 kg/ton'a kadar azaltılabilir. Eğer oksijen delignifikasyonu modifiye edilmiş hamur üretimiyle kombine edilecek olursa TOCl miktarı ton başına 2.7-3.6 kg/ton'a kadar azaltılabilir (Helmling ve ark., 1989).

Almanya'da bir ton hamur için 1 kg'lık toplam organik klor bileşiklerinin miktarı atık sudaki kabul edilebilir miktar olarak değerlendirilmekte olup bu miktarın 2 kg'a

çıkması durumunda 40 DM'lik para cezası uygulanmaktadır (Chiaverina, 1974). Çevre yönünden olumsuz etkileri kontrol etmek amacıyla klorlama kademesinde kullanılan klorun yani atık suda klorlu organiklerin azaltılması için sonraki kademelerde bazı değişikliklerin yapılması gerektiğine inanılmıştır. Bu amaçla, alkali ekstraksiyon kademesinden sonra oksitleyici kimyasal maddelerin kullanımına gidilmiştir (Tutuş ve Karademir, 2002).

1.4.1. Kağıt-Karton Üretiminden ve Katı Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik Yükü

1.4.1.1. Kağıt-Karton Üretiminden Kaynaklanan Kirlilik Yükü

Kağıt hamurunun kağıt haline dönüştürüldüğü kağıt makinesinden; askıda katı maddesi yüksek, organik madde miktarı düşük, beyaz renkli atık su çıkmaktadır. Beyaz renk özellikle selüloz liflerinden ve dolgu maddesi olarak kullanılan kalsit ve kaolinden gelmektedir. Doğa üzerinde etkileri daha ziyade görsel ve içerdikleri organikler açısından alıcı ortamda flamentöz atık su bakterilerinin üremesini hızlandırmaları bakımından önemlidir. Kağıt makinesi atık suları fizikokimyasal yolla arıtmaya çok yatkın oldukları gibi biyolojik olarak da havalandırılmalı lagünlerde ve aktif çamur tesislerinde arıtılabilmektedirler. Fizikokimyasal arıtım ile %99 üzerinde AKM (askıda katı madde) arıtım ve KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) arıtımı elde edilebilmektedir. Bu hali ile atık su proseste kullanılmak üzere geri beslenebilir nitelikte olmaktadır ve müesseseye önemli su tasarrufu sağlar. Ülkemizde bu türlü uygulamalar bazı kamu ve özel sektör fabrikalarında vardır (Tutuş ve Karademir, 2002).

1.4.1.2. Katı Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik Yükü

Kağıt sektöründe katı atık oluşumu atık kağıt kullanılarak üretim yapıldığında atık kağıt içinden çıkabilecek naylon, taş, tahta, plastik gibi yabancı maddeler ile her türlü üretimde arıtma tesisinden çıkanları arıtma çamuru olarak tarif edilebilir. Oldukça yüksek miktarda olan katı atıklar genellikle belediye çöplüklerine atılarak bertaraf edilmektedir. Anaerobik arıtma çamurunun yüksek miktarda organik madde içermesi sebebiyle gübrelemede kullanılması uygundur. Enerji elde etmek üzere kurulacak katı atık yakma tesisi ve depo alanlarıyla ilgili projelere destek verilmesi ve teşvik edilmesi gerekmektedir (DPT, 2000).

1.4.2. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasının Atıkları

Kahramanmaraş kağıt fabrikasının atıklarını üç grupta toplayabiliriz bunlar;

1- Katı Atıklar: Bunlar atık kağıt içerisinde gelen

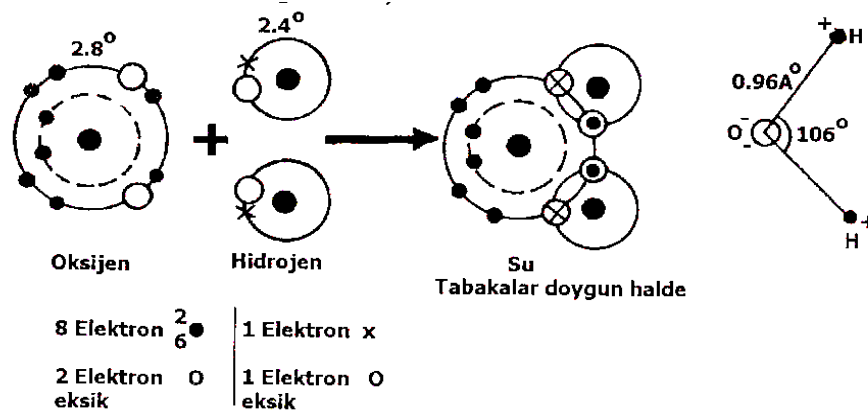
- Metal parçaları (demir, tel, sanayi artıkları, zımba teli v.b.)
- Plastik parçaları (naylon, çuval, strafor, evsel atıklar, plastik kap, ayakkabı, terlik v.b.)
- Odun parçaları
- Taş, kum ve cam parçaları

- 2- Sıvı: Fabrika yarı kapalı sistem olduğundan atık su; atık su ile birlikte giden kimyasal maddeler, deterjan yağ v.b. maddeler
- 3- Gaz: Fabrika 'CO-GENERATION' (ELEKTRİK ÜRETİM) sistemi kömürle çalıştığı için bacadan çıkan kirletici gaz hava kirliliğine neden olmakta ancak elektro filtreler ve alınan tedbirlerle minimuma indirilmektedir.

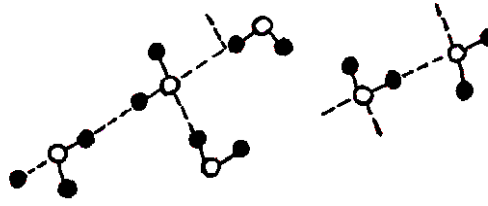
1.5. Su

1.5.1. Suyun Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Kimyasal yapı olarak su bir atom oksijen ve iki hidrojen atomundan oluşur. Fakat atomların uzayda dizilişi rastlantıya bağlı olmayıp, üç atom arasında Şekil 1.5.'de görüldüğü gibi 106° lik bir açı vardır (Vilars, 1978). Su molekülünün oksijen atomu diğer iki hidrojen atomunun elektronlarını büyük bir kuvvetle çekme özelliğine sahiptir. Böylece, hidrojen atomu eksi yüklü elektronlarını kaybederek artı yük kazanır. Buna karşılık, oksijen eksi yüklü hale dönüşür. Bu Şekilde, su moleküllerinin artı yüklü hidrojen iyonları bir başka molekülün eksi yüklü hidrojen iyonunu kendine çekebilir ve bu çekime konu olan molekül bizzat su molekülü de olabilir. Su buz-su halinde iken molekülleri birbirlerini kuvvetle çekerler. Sıcaklık artıp sıvı haline geçince bağ sayısı azalır. Buna bağlı olarak çekme kuvveti de azalır. Eğer, sıcaklık daha fazla artırılırsa su buhar haline geçer ve moleküller bağımsız olarak hareket ederler. Özet olarak moleküllerin hareketliliği artınca moleküller arasındaki bağlar kopar. Hareketlilik azalırsa bağlar yeniden oluşur ve su, buz dediğimiz rijit bir sistem olan yeni bir yapı oluşturur. Şekil 1.6.'da görüldüğü üzere suyun kendi içinde (özellikle buz hali) ve hidrofıl özellikteki diğer (selüloz gibi) maddelerle oluşturduğu bağlara hidrojen bağı denir (Vilars, 1978 ve Eroğlu 1979). Suyun asimetrik hali (106° açı ile bir tarafta iki hidrojen, diğer tarafta oksijen atomu) elektriksel yüklerin merkezinde bir dengesizlik hali oluşturur. Bu nedenle su molekülü diğer moleküller karşısında iki kutuplu bir mıknatıs gibi davranır ve oluşan bağlara polar bağlar denir (Eroğlu ve Usta, 2004.).



Şekil 1.5. Suyun kimyasal yapısı



Şekil 1.6. Sudaki hidrojen bağları

Bir lifin diğer bir life hidrojen bağları aracılığıyla bağlanabilmesi için ihtiyaç duyulan, lifin yüzeyindeki hidrojen gruplarının varlığı ve suyun polarlığıdır. Bu nedenle, kağıt üretiminde yapıya tutkal veya herhangi bir yapıştırıcı ilave edilmeden bu polarlıktan yararlanılmak istenir (Kline, 1982).

Hidrojen veya polar bağ adı verilen sekonder özellikteki bağlar, atomlar arasında oluşan kimyasal bağlardan yani kovalent bağlardan daha zayıftır. Hidrojen bağlarının enerjisi 1-5 Kcal/mol, iyonik bağları 5-20 Kcal/mol, su molekülünü oluşturan kimyasal bağın gücü ise 114 Kcal/mol'dür. Selüloz ve glukoz'daki H-C bağının enerjisi 99 Kcal/mol'dür. C-C bağının 88 Kcal/mol, glikoz ünitelerini birleştiren C-O bağlarının enerjisi ise 70 Kcal/mol'dür. Bağların koparılması, kağıt'ın kurutulmasında olduğu gibi ısı şeklinde enerji verilmesiyle olur. Değişik sayıda su molekülü içeren farklı uzunluğa sahip birbirine komşu lif yüzeylerinin hidrojen bağları ile birbirine bağlı olması selüloz yüzeyinde varolan ve çok kuvvetli bağlanma gösteren su moleküllerinin varlığı ile açıklanabilir. Burada bağlanmanın bireysel zincirlerde oluşmadığı; fakat birbirine bağlı su moleküllerinin sürekli bir ağısı yapısında olduğu düşünülmelidir. Örneğin; kuru kağıt ve %50 bağıl neme sahip iki kağıt örneği düşünüldüğünde bağlanmaya katılan su molekülü sayısının arttığı, bağ enerjisinin yani bağlanma direncinin 5 kg/mol'dan sıfıra düştüğü görülecektir (Clark, 1984).

Su molekülünün asimetrik yapısı aşağıda ifade edildiği gibi kağıtçılık için çok büyük bir öneme sahiptir:

- 1- Su molekülü selüloz, hemiselüloz, nişasta gibi maddeler karşısında, bu maddelerin OH grupları içermeleri nedeniyle, küçük bir miktarda su gibi davranır ve bu gruplarla su arasındaki çekim nedeniyle su kuvvetle bu maddelere tespit olur.
- 2- Su molekülleri arasındaki kohezyon mevcut sıvıların hepsinden fazladır. Bu ise enerji depolaması ve kağıt'ın kurutulması açısından önemlidir.
- 3- Su bir katı madde ile temas edince eğer katı maddenin iç kohezyonu suyun çekme gücünden az ise katı madde ıslanır ve o maddeye hidrofil (suyu seven) özellikte denir. Eğer tersi olursa su katı madde üzerinde küresel bir şekil oluşturur, bu maddelere ise hidrofob (suyu sevmeyen) maddeler denir (Eroğlu ve Usta, 2004).

1.5.2. Su Kirlenmesinde Ana Kavramlar

Bir suyun kirlilik miktarını belirlemesi için yapılaması gerekli ölçümleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (Saint Gobain, 1973 ve Chiaverine 1974):

- 1- Kirli su debisi

- 2- pH
- 3- Süspansiyon halindeki madde miktarı
- 4- 2 saat içinde çöktürilebilen madde miktarı
- 5- Biyolojik Oksijen ihtiyacı(BOİ)
- 6- Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)
- 7- Toplam oksijen ihtiyacı (TOİ)
- 8- Renk
- 9- Zehirlilik
- 10- Oksitlenebilir maddeler (O.M.)

1.5.2.1. Debi

Çeşitli Şekillerde, birim zamanda akan kirli su miktarının belirlenmesidir. Kurulacak olan arıtma tesisinin cinsi ve büyüklüğünün belirlenmesi için önemlidir.

1.5.2.2. pH

Kirli suyun kaynağına bağlı olarak değişebilmektedir. Ağartma-piştirme yöntemine, üretilen kağıt' ın tipine göre değişmektedir. Biyolojik arıtmadan önce veya denize bırakılmadan önce pH 6-8 arasında ayarlanmalıdır. Biyolojik arıtmada bakterilerin gelişmesi yönünden pH sonderece önemli olup bakteriler nötr veya hafif alkali ortamı severler. Bakteriler en iyi gelişme gösterdikleri ortam pH 6-8 olup çoğu pH 5'in altında gelişemezler.

1.5.2.3. Süspansiyondaki madde miktarı

Bu gruptaki kirleticiler arıtılmadan sulara bırakılırsa nehir ya da deniz dibinde çamur oluşturarak aşağıdaki nedenlerle sudaki yaşamı etkilerler (Casey, 1980).

- Nehir tabanını kaplayarak mevcut canlıların gelişmesini engellerler,
- Suyun oksijenini tüketerek canlıların oksijensiz kalmasına neden olurlar,
- Anaerobik ayrışmaya uğrayarak koku çıkarırlar,
- Anaerobik olara çıkan gazlar zararlı olurlar.

Atık sudaki katı maddeler üç guruba ayrılır:

1. Toplam katı madde miktarı,
2. Süspansiyondaki katı madde,
3. Çözülmüş katı maddelerdir.

Suyun bulanıklık durumu genellikle süspansiyon ve koloidal madde miktarı hakkında bir fikir verir. Süspansiyondaki madde miktarı süzme ya da santrifüjleme yoluyla tayin edilir ve mg/l veya g/m³ olarak ifade edilir. Santrifüjlemede 100 cc. atık su 15 dakika süre ile ve 5000 devir/dakika hızla santrifüjlenir. Çökelti tekrar safsu ile santrifüjlenir, çökerti alınır, kurutulur ve tartılarak sonuca ulaşılır (Saint Gobain 1973, Scan-W 5:71, Casey 1961).

Toplam katı madde miktarı ise 10 cc. atık su alınarak 37 °C 'lık etüvde suyun önemli bir kısmı buharlaştırılır. Geri kalanı, 105 °C değişmez ağırlığa kadar kurutulur ve tartılarak

sonuca ulaşılır. Sonuç g/l cinsinden ifade edilir. Minarel madde miktarı ise 700 °C'de 4 saat yakma ile bulunur.

1.5.2.4. İki saat içinde çöktürilebilen madde miktarı

Atık sudaki çöktürilebilen maddelerin miktarını ve çökme hızını belirlemek amacıyla yapılır. 40 cm yüksekliğinde bir litrelik bir mezür veya bir armudi balon yardımıyla yapılır. Kümelenendirici maddelerin katılması çökme hızını artırır. Ortalama bir lağım suyunda çöktürilebilen maddelerin 2/3'ü iki saat içinde çöker (Eroğlu ve Usta, 2004).

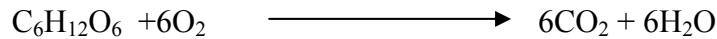
Finlandiya'da kağıt endüstrilerinin çeşitli dallarında ölçülen süspansiyondaki katı madde miktarları Çizelge 1.8.'de verilmiştir (Airanne, 1980).

Çizelge 1.8. 1976 yılı ölçümlerine göre Finlandiya'da kağıt endüstrisinde süspansiyondaki katı madde değerleri

İşlem cinsi	Süspansiyondaki madde (kg/ton)
Sülfat hamuru Toplam	19
Ağartılmamış	19
Ağartılmış	19
Sülfat Toplam	18
Ağartılmamış	14
Ağartılmış	21
Kimyasal	17
Kağıt üretimi Toplam	9
Karton üretimi Toplam	9

1.5.2.5. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Sudaki çözünmüş oksijeni tüketen maddelerin en büyük çoğunluğu organik maddelerdir. Ölçme yöntemlerinin çoğu organik maddelerin miktarını belirlemeyip organik maddelerin oksitlenmesi için gerekli oksijen miktarını belirler (Scan-W 5:71). Teorik olarak oksijen isteği söz konusu organik maddenin oksijenle oksitlenerek su ve karbon dioksit dönüşmesi ile ilgili reaksiyon yazılarak hesaplanabilir. Örneğin glikoz için aşağıdaki reaksiyon yazılabilir (Nasser, 1971; Casey, 1980).



200 mg/l.' lik glikoz çözeltisi için teorik oksijen isteği aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$200\text{mg/l.} \times \frac{1 \text{ mol}}{180.000 \text{ mg}} \times \frac{6 \text{ mol. O}_2}{\text{mol. Glikoz}} \times \frac{32.000 \text{ mg O}_2}{\text{mol. O}_2} = 213 \text{ mg/l. O}_2 \text{ dir.}$$

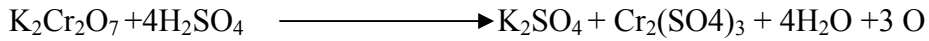
Sudaki çözünmüş oksijen miktarı WINKLER yöntemine göre ve bir gümüş-platin elektrotu yardımıyla ölçülür. Aletin ayarlanması oksijence doymuş bir suya göre yapılır. Genellikle, kabul edilen değere göre sudaki balıkların ve mikroorganizmaların yaşaya bilmesi için suda en az 2-3 ppm çözünmüş oksijen bulunmalıdır. Aksi takdirde, suda anaerobik koşullar gelişeceğinden oksijen sülfatlar gibi maddelerden elde edilecek ve etrafa kötü koku yayacaktır. Bir akarsu veya denize bırakılan atık su BOİ değeri 8 mg/l. den düşük olmalıdır (Casey 1961, Airana 1980).

Biyolojik Oksijen İhtiyacı (B.O.İ.) mikroorganizmaların sudaki organik maddeleri özümleyerek oksitliyeabilmeleri için kullandıkları veya ihtiyaç duydukları oksijen miktarıdır. Biyolojik oksijen ihtiyacı yalnızca mikroorganizmalarca tüketilen oksijen miktarı olmalıdır. Atık sularda SO₂ gibi maddelerin bulunması oksijen tüketimini artırır; bu durumda, bir düzeltme faktörü kullanılır. Ayrıca; su bakır iyonları, alkali asit ve zehirli maddeler içermemelidir, bunlar mikroorganizmaları öldürür (Chiaverine, 1974).

Sıfır BOİ suyun zehirli bir madde içerdiğini ifade eder. Düşük BOİ değeri mikroorganizmaların gelişemediğini gösterir. Karbonlu bileşikler 20 °C ile 20 günde oksitlendiği halde azotlu bileşikler 10 günde oksitlenirler. BOİ mg/l veya kg/ton olarak ifade edilir (Eroğlu ve Usta, 2004).

1.5.2.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Bir atık su örneğinin organik madde kısmının kuvvetli bir kimyasal oksitleyici tarafından oksitlenmesi için harcanan oksijen ekivalanıdır ve mg/lt olarak ifade edilir. Alınan atık suyu örneği, normalitesi belli ve belirli miktarda potasyum bikromat veya potasyum permanganat ile H₂SO₄ mevcudiyetinde 2 saat süre ile kaynamaya tabi tutulur. Bikromat fazlası demir sülfat ve amonyak ile titrasyona tabi tutulur. Oksitlenen organik madde miktarı tüketilen potasyum bikromat miktarı ile orantılıdır (Nasser, 1971; SCAN-W 1:66).



Normal K₂Cr₂O₇ çözeltisi M/6'dır ve 3/6 atom yani 8 gr oksijen açığa çıkarır. Buna göre kimyasal oksijen isteği aşağıdaki formül 1.1.'e göre hesaplanabilir.

$$KOİ = \frac{(a-b) \times c \times 8000}{ml.örnek} \times d \quad (1.1.)$$

Burada ;

a : ml.Fe (NH₄)₂, (SO₄)₂ in şahit denemesi için kullanılan miktarı.

b : Fe (NH₄)₂, (SO₄)₂ in örnek için kullanılan miktarı

c : Fe (NH₄)₂, (SO₄)₂ nin normalitesi

d : Örneğin seyreltme oranı.

Potasyum bikromat asit ortamda 2 saat içinde indirgen maddelerin hemen tümünü oksitler.

KOİ/BOİ oranı 1'in üzerinde ise kirlenme önemli demektir. Eğer bu oran 1.6'nın altında ise su kolayca biyolojik arınmaya uğrayabilir. 1.6 ile 5 arasında ise biyolojik arıtma zor olmakla birlikte özel bakteri florası gerektirir. 5'den fazla ise sözkonusu atık suyu biyolojik olarak arıtmak mümkün değildir (Chiaverina, 1974).

1.5.2.7. Toplam oksijen İhtiyacı (TOİ)

Atık su organik madde miktarı ölçme yöntemlerinden bir diğeri T.O.İ.' dir. Atık suyunun yanabilir maddelerini yakmak için gerekli olan oksijen miktarı olup mg/l olarak ifade edilmektedir. Organik maddeler ve kısmen bazı inorganik maddeler bir yakma odası içinde platin katalizör mevcudiyetinde yakılarak stabil maddelere dönüştürülür. Yani kirli su oksijen gazı ile muamele edilir, tüketilen oksijen miktarı belirlenir (Casey, 1980).

1.5.2.8. Renk

Kağıt hamuru atık sularındaki renkliliğin öncelikle lignin ve lignin türevlerinden geldiğine inanılmaktadır. Bunlar, karbonil ve etilenik gruplarla birleşmiş aromatik maddelerdir. Bir kağıt hamuru atık suyunda molekül ağırlıkları 400-150.000 arasında (ortalama 6000) polidispers renk maddeleri vardır. Genel olarak, renk veren maddeler havalandırılmış göletler ve aktif çamurlar gibi geleneksel arıtma yöntemleriyle ayrılamaya direnç gösterirler. Fakat kireçle çökeltme yöntemiyle renk veren maddelerin %90'ı uzaklaştırılabilmektedir. Fakat molekül ağırlığı 400'den az olanları pek ayrılamamaktadır (Schmit, 1981).

Renkli maddeler bırakıldıkları nehir ve denizlere aşağıdaki etkileri yaparlar (Casey, 1980).

- Renk güneş ışınının suyun derinliklere ulaşmasını engelleyerek fotosentezi önler; dolayısıyla, sudaki canlıların verimliliği azalır.
- Doğal renk bozukluğundan suların rekreasyon değeri azalır.
- Endüstride kullanılacak suyun temizlenme maliyetini artırır ve bazı kullanma güçlükleri meydana getirir.
- Renkli maddeler bakır ve demir gibi metallerle kompleks oluşturarak sudaki organizmaların metabolizmalarını etkilerler, verimlilik azalır.
- Balıkların hak etliliğini ve verimini azaltır.
- Uzun vadede (20-100 gün), normal ölçümlerde gözükmeyen BOİ oluşturur.

Renk kolorimetre ile ölçülür. Klorplatin klorhidrikin kobalt klorür mevcudiyetindeki belirli çözeltisi ile su kirliliği karşılaştırılarak ölçülür. Renk, mg/l platin olarak ifade edilir, birimi 0,001 g.platindir (Casey, 1961). İstenilen en iyi su kristal berrak sudur. Bunun sebebi selüloz renk verenmaddeleri kolaylıkla absorbe ettiğinden, beyazlığı ve kağıt' a verilmek istenen rengi bozar. Suyun rengi çözünmüş ve koloidal haldeki organik maddeler ve demir tuzlarından ileri gelmektedir. Organik maddeler ve demir tuzları lifler üzerinden uzaklaştırılması zordur, fakat renk sudan kimyasal koagülasyon ve süzme ile etkili olarak giderilebilir. Renklilik 5-10 ppm'i geçmemelidir.

1.5.2.9. Zehirlilik

Endüstride zehirlilik meydana getiren sentetik organik maddeler 4 grup da toplanır (Casey, 1961).

- Deterjanlar
- Pestisitler
- Sıvı ve katı yağlar
- Endüstriyel kimyasal maddeler

1.5.2.10. Oksitlenebilir Maddeler

Bir atık suyun debisi ve konsantrasyonu bilinirse kirlenme yükü, BOİ süspansiyondaki madde, çözünmüş madde miktarı vs. süreye göre kg/saat veya kg/gün cinsinden ifade edilebilir. Arıtma çalışmaları için debi ve konsantrasyon temel verilerdir.

1.5.3. Belli Başlı Su Özellikleri:**1.5.3.1. Süspansiyon Halindeki madde Miktarı**

Çözünmeyen, çöktürülebilir ve çöktürilemeyen, tortu organik madde plankton gibi kağıt yapımında sorun yaratan maddelere süspansiyondaki madde denir. Bunlar kağıt' ın rengini, beyazlığını bozar. Diğer taraftan köşeli ve aşındırıcı maddeler kağıt'ta delikler açmaya ve kopmalara yol açar. Bitkisel kökenliler elek ve keçeler de tıkanmalara yol açar, süspansiyondaki maddeler dinlendirme flokülasyon veya süzme yolu ile ayrılırlar (Eroğlu, 1990).

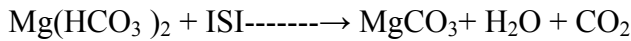
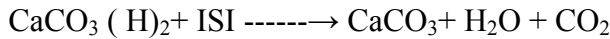
1.5.3.2. Bulanıklık

Suda askı halinde bulunan ve çapları 1 mikrondan az ve eksi yüklü kolloidal parçacıklar, tortu, kil ve mikroorganizmalar bulanıklığa neden olurlar. Suyun rengi koyu olabilir fakat bulanık olmayabilir birbiriyle karıştırılmamalıdır. Bulanıklık mg/l (ppm) silis olarak ifade edilir. Bulanık su kazanlarda kullanıldığında çökeltme sonucu kazan duvarlarında taşlaşmaya neden olur ve buda köpüklenmelere neden olur. Kalitei kağıtlarda 10 ppm silisi, kaba kağıtlarda 50-100 ppm silisi, besleme suyunda 3-4 ppm silisi geçmemelidir. Bulanıklık kağıdın renginde sorunlar verir, flokülasyon ve süzme ile sorun çözülebilir (Eroğlu, 1990).

1.5.3.3. Sertlik

Sular sert ve yumuşak olmak üzere ikiye ayrılır. Fakat sertlik ve yumuşaklık kullanım yerine göre değişir. Suda çözünen ve sabun tahrip edici özellikteki tuzlar sertliğe neden olurlar. En çok sertlik yapan tuzlar kalsiyum ve magnezyum tuzlarıdır. Ayrıca demir alüminyum ve sert asitler de sertliğe neden olurlar. Sertlik genellikle ppm kalsiyum CaCO_3 olarak ifade edilir.

Karbonat sertliği geçici sertlik olarak adlandırılır, kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlardan ileri gelir. Bu bikarbonatlar sudaki karbondioksit fazlası nedeni ile çözünmüş halde bulunurlar. Su ısıtılınca CO_2 açığa çıkar ve karbonatlar çöker.



Karbonatsız sertlik sürekli sertlik diye adlandırılır. Kalsiyum ve magnezyum sülfatlar, klorürler ve nitratlarca oluşturulur. Toplam sertlik ayrıca sağlam ve kalıcı köpük elde edilinceye kadar su örneğinin alkol-su çözeltisinde çözündürülmüş saf sabunun standart çözeltisiyle titrasyon sonucu belirlenir. Kalıcı sertlik bilinen miktardaki suyun 30 dakikada kaynatılır, eksilen miktar damıtık suyla tamamlanır ve süzülür, süzülme suyunda kalan sertlik ölçülerek bulunur.

Suyun sertliği kağıtın iç yapıştırması sırasında bazı sorunlar yaratır. Sabunlaştırılmış kolofanı seyreltmek için kullanılan su mümkün olduğu kadar yumuşak olmalıdır. Çünkü sudaki kalsiyum ve magnezyum tuzları kolofanın özelliğini bozabilir, çözünmeyen kalsiyum ve magnezyum tuzları oluştururlar, bunların yapıştırma değeri yoktur. Yapıştırma sırasında fazla miktarda şap kullanılırsa kalsiyum ve magnezyum tuzları sülfat haline geçerler ve bunlar yapıştırmaya zarar vermezler. Sert su dövücülerde, rafinörlerde, tanklarda, borularda, eleklerde ve vakum pompalarında kireçleşmeye neden olur. Aletlerin ömrü kısalmır ve fabrikasyonda güçlükler yaratır. Kurutma silindirleri içindeki kireçlenme ısı iletimini azaltır ve enerji kaybına neden olur. Bunları temizlemek için kullanılan HCl gibi asitler aletleri aşındırır.

Yumuşatma, sertliğin giderilmesi veya azaltılması için suyun kimyasal maddelerle muamele edilmesidir. Sertliğin giderilmesinde kullanılan başlıca iki ilke çöktürme ve iyon değişimidir. Çok sayıda su yumuşatma yöntemi olup; başlıcaları: soğuk kireç veya kireç soda yöntemi, sıcak kireç soda yöntemi, sıcak kireç- soda- fosfat yöntemi, iyon değişimi veya zeolit yöntemi, Zeo- Karb yöntemi ve iyon değişimi asit absorpsiyonu yöntemidir.

1.5.3.4. Demir ve Manganez

Yüzey sularında demir, demir oksit hidrat şeklinde ve koloidal olarak sürekli mevcuttur. Selüloz sudan demiri absorbe eder ve kağıt' ın rengini sarartır. Demir sudan havalandırma, süzme ve kireçle demir hidrat şeklinde ayrılabilir. Siyah renkli manganez oksit kağıt' ın rengini bozar. Ağartma sırasında su içindeki manganez permanganat şeklinde oksitlenir ve pembe renk verir. Siyah renkli manganez oksit boruları tıkayabilir. Sudan demirde uygulanı yöntemlerle uzaklaştırılabilir.

1.5.3.5. Karbondioksit ve Çözünmüş Oksijen

Sudaki serbest karbondioksit miktarı 25 ppm'i geçerse kağıt oluşumunu kötü yönde etkiler. Karbondioksit makine kısımlarının korozyonuna neden olur. Çözünmüş oksijen suda çözünen havadan ileri gelmektedir. Çözünmüş oksijen düşük pH ile birlikte son derece koroziftir.

1.5.4. Suyun Kağıtçılıktaki Önemi

Kağıt üretiminde belli başlı hammaddelerden biri sudur. Su bitkisel liflerin dostu olup lifler arasındaki fizikokimyasal yakın ilişkisi nedeniyle çok çeşitli özelliklere sahip kağıtlar yapmak mümkün olmakta ve sonuçta elde edilen kağıt elastik ve dinamik özelliklere sahip bir madde olmaktadır. Kağıt' ın kalitesine kullanılan suyun kalitesi birinci derecede etki ettiğinden özellikle yüksek kalitede kağıt üreten fabrikalar çok temiz suya gereksinim duyar. Suyun kalitesi özellikle hamurun yıkanmasında, ağartmada, yapıştırmada, boyamada ve kağıt makinesinde önemlidir. Selülozik maddeler suda bulunan ve renk veren maddeleri kolaylıkla emerler. Kağıt ve kağıt hamuru üretiminde yeterli miktarda ve kalitede su temini en önemli hususlardan biridir. Kağıt üretiminde kullanılan maddelerin en önemlilerinden biri olan su, doğada bol miktarda bulunan, kullanımı rahat, ucuz, hidrolik, termik ve kimyasal özellikleri nedeniyle kağıtçılıkta aşağıdaki amaçlar için bol miktarda kullanılan bir maddedir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Suyun kağıtçılıkta kullanılmasının amaçları:

- 1- Lifleri dağıtır, şişmelerini ve saçaklanmalarını sağlar.
- 2- Katkı maddelerini çözer.
- 3- Lif süspansiyonun bir yerden bir yere taşınmasını sağlar.
- 4- Lifleri düzgün bir şekilde yayarak kağıt safihasının oluşumunu sağlar.
- 5- Kağıdın kurutulmasında ve soğutulmasında, ısıtma amacıyla kullanılır.
- 6- Kuşe kağıt yapımında sos hazırlamada kullanılır.
- 7- Hidrojen bağları oluşturarak kağıda belirli bir sağlamlık verir.
- 8- Buharından elektrik enerjisi elde edilerek makinelerin çalışması sağlanır.
- 9- Makinelerin temizlenmesinde, artık maddelerin taşınmasında ve yıkanma işlemlerinde kullanılır.
- 10- Kağıtlık odunları ve tesisleri yangına karşı koruma işlerinde kullanılır.

1.6. Kağıt Fabrikalarında Su kirlenmesi ve Arıtma yöntemleri

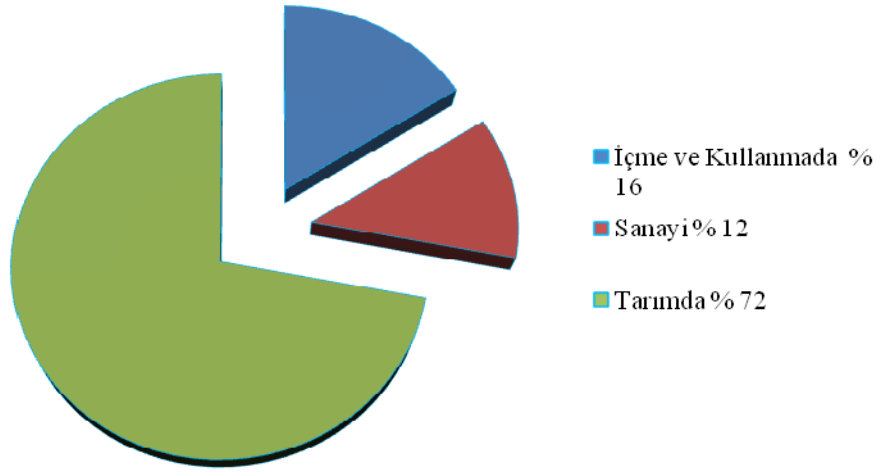
1.6.1. Kağıt Fabrikalarında Su kirlenmesi

Doğayı incelediğimiz de doğal dengelerin birçok devir daim sistemi üzerine kurulmuş olduğu görülür. Her devir daim sistemi maddenin yenilenmesi ile sonuçlanır. Bu sistemlerin birbirlerine dönüşme ve ilişkileri yönünden devir daimde yapılacak ufak değişiklikler insan yaşamı için iyi veya kötü sonuçlar doğurabilmektedir.

Doğal dengelerin bozulması veya bir yerde bir maddenin aşırı birikmesi çevre sorunlarını birlikte getirmektedir. Bir akarsu içinde aşırı organik veya zehirli maddenin birikmesi, bulunduğu bölgede dengenin bozulmasına sebep olacak ve orada yaşayan canlıların gelişmesine zarar verecektir. Bunun için her türlü faaliyetlerimizi sürdürür iken doğadaki mevcut dengeleri korumalı ve belli bir maddenin belli bir yerde aşırı birikmesi ya da tamamen yok olmasını önlemek mecburiyetindeyiz (Eroğlu, 1978; George, 1973).

En küçük canlı organizmadan en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik yaşamı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan su canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. Dünyamızın %70'ini kaplayan su, bedenimizin de önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık %0.3'ü kullanılabilir ve içilebilir özelliktedir. Dünya nüfusunun %40'ını barındıran 80 ülke şimdiden su sıkıntısı çekmektedir. 1940-1980 yılları arasında su kullanımı iki katına çıkmıştır. Nüfusun hızla artması, buna karşılık su kaynaklarının sabit kalması sebebiyle su ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Dünyadaki mevcut suyun hacmi 141 milyar m³ tür. Bu miktar dünya yüzeyini 3km. kalınlığında bir tabaka halinde sarabilecek büyüklüktedir. Bu suyun %98'i okyanuslarda ve iç denizlerde bulunmakta, fakat tuzlu olduğu için, içme suyu olarak kullanıma, sulamaya ve endüstriyel kullanıma uygun değildir. Dünyadaki suların ancak %2.5'i tatlı sudur. Bunun da %87'si buzullarda, toprakta, atmosferde, yeraltı sularında bulunur ve kullanılamaz durumdadır. İnsanoğlu, su ihtiyacını yüzeysel sular ve yeraltı su kaynaklarından temin etmektedir. Tatlı suların en önemli kaynağı yağışlardır. Küresel yıllık yağış 500 bin m³ olup, her yıl yeryüzüne inen yağış aynı miktardadır.

Ülkemizde ise tatlı su kaynakları oldukça sınırlıdır ve ihtiyaca ancak cevap vermektedir. Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyeli 110 milyar m³ olup, Şekil 1.3.'de görüldüğü gibi bunun %16'sı içme ve kullanmada, %72'si tarımsal sulamada, %12'si de sanayide tüketilmektedir.



Şekil 1.7.Türkiye'nin mevcut su potansiyelinin kullanım oranları;

Dünyanın yıllık yağış ortalaması 1000 mm olup, Türkiye'nin yıllık yağış ortalaması ise 643 mm' dir. Türkiye su kıtlığı çeken ülkeler arasında yer almamakla birlikte, hızlı nüfus artışı, kirlenme ve yıllık yağış ortalamasının dünya ortalamasından düşük olması; mevcut kaynakların daha dikkatli kullanılmasını ve kirlenmeye karşı gerekli tedbirlerin bir an önce alınmasını gerektirmektedir (Anonim b, 2007).

Hızla büyüyen endüstrileşen ve Avrupa'nın en genç nüfusuna sahip olan ülkemizde nüfus gittikçe artmakta buna bağlı olarak temel yaşam ihtiyaçlarını karşılayan doğal kaynaklar yenilenemeyecek kadar azalmakta ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu sorunlardan biriside su kirliliği olup günümüzde karşılaşılan çevre sorunlarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Uysal ve Zeren, 1998).

Dünyada ekonomik büyümenin ve gelişmenin temel göstergelerinden biriside içme, kullanma ve sanayi suyu tüketimidir (Yalvaç ve Kumbur, 1998). Bir çok endüstri dalında olduğu gibi Kağıt Endüstrisi suya büyük ihtiyaç duymaktadır. Fabrikasyon, yıkama, buharlaştırma, kurutma, enerji üretimi gibi alanlarda çok miktarda su tüketmektedir. Bu sular, kullanıldıkları endüstriye göre değişim göstermekle birlikte, çok çeşitli maddeler içerebilmektedir. Bu sulara çeşitli asitler, alkaliler, korozyon maddeleri, organik zehirli maddeler bulunmaktadır. Yüksek sıcaklık, renk ve koku gibi özellikler bu suların genel karakteristikleri arasındadır (Başbüyük ve ark., 1998).

Bir vadiye veya denize boşaltılan sular orijinlerine göre üç grupta toplanır (Guerre ve Louis, 1961).

1. Akarsular,
2. Evlerde kullanılan sular,
3. Endüstride kullanılan sular,

Batı Almanya'da yapılan istatistiklere göre en çok su tüketen endüstriler sırayla kimya endüstrisi, demir çelik endüstrisi ve kağıt endüstrisidir. Endüstride su tüketimi her 10 yılda bir iki katına çıkmaktadır. Buna bağlı olarak bazı önlemler alınması zorunludur (El-Gohary ve Navar, 1987).

Endüstriyel atık sular dış ortama (akarsulara, denizlere veya diğer alıcı ortamlara) bırakılmadan önce atık su yöneltmeliklerine göre zehirli maddeler ve inhibitörlerden belli oranda çeşitli yöntemler kullanarak arıtılmalıdır, aksi halde deşarj edildikleri sularda suyun oksijenini tüketmekte ve içerdiği maddeler nedeniyle akarsu, göl ve denizlerdeki canlı hayatını tehlikeye somaktadır (Schmit, 1981).

Kağıt atık sularında bulunan bileşiklerin bazıları deşarj edildikleri sularda daha kanserojen ürünlere dönüşebilmektedir. Aerobik şartlarda atık organik bileşiklerin bir kısmı toksitesi daha yüksek ve biotransformasyona daha dirençli olabilmektedir. Bu tür özellik gösteren maddeler, alıcı ortamlarda 180 km. uzaklığa kadar herhangi bir değişime uğramaksızın varlığını sürdürmektedirler. Bazı maddelerin suyun deşarj noktasından 1100 km uzaklıkta bile belirgin oranda bulunabildikleri tespit edilmiştir (Carlberg ve Stuthridge, 1996).

Kağıt endüstrisi atık suları aynı zamanda hammadde atık kağıt ise, arıtımı en zor yapılabilen atık sularındandır. Bu proses esnasında farklı yapılarda maddelerin kullanılması ve bu bileşiklerin atık suda belirgin olarak bulunması, ayrıca; alıcı ortama verilen atık suyun debisinin çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu gibi endüstriyel atık sularda renkliliğin ve diğer zararlı bileşiklerin giderilmesinde koagülasyon, sedimentasyon, flotasyon, adsorbsiyon ve elektrokimyasal işlemler etkili bir şekilde kullanılabilmektedir (Tutuş ve Eroğlu, 1998).

1.6.2. Su Kirliliği

Su kirlenmesi; İnsan sağlığını tehlikeye sokacak, ekolojik su sistemine ve canlı kaynaklara zarar verecek, reaksiyonunu tehlikeye sokacak veya suların diğer meşru kullanımını güçleştirecek nitelikte sonuçlar veren ve doğrudan veya dolaylı bir şekilde insanlar tarafından su ortamına atılan her türlü madde enerji atımı su kirlenmesi olarak tarif edilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Su kirliliği, kirlenmiş suların, ulaştığı ortamları fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerle doğal niteliğinin ve görünümünün bozulması olarak tanımlayabiliriz. Ortaya çıkış şekline göre üç sınıfa ayırmak mümkündür (Uğurlu, 2002).

- 1- Kimyasal kirlilik: Sularda organik ve inorganik maddelerin bulunmasından kaynaklanan kirliliktir. En fazla karşılaşılan tipler ise deterjanlar, proteinler, yağlar, gıda maddeleri ve karbonhidratlar nedeniyle oluşan organik kirliliklerdir. Flor, klor, sülfat ve fosfat gibi iyonlar da inorganik kirliliğe neden olmaktadır.
- 2- Fiziksel kirlilik: Suyun rengi, bulanıklılığı ve sıcaklığı gibi özelliklerinin bozulmasından kaynaklanan kirliliktir.
- 3- Biyolojik kirlilik: Sularda patojenik bakteri, mantar ve alglerden kaynaklanan kirliliktir. Diğer bir ifadeyle suların tifo, kolera ve dizanteri gibi hastalıkları yapan mikroorganizmalar ile kirlenmesidir.

Su kirliliğine neden olan yabancı maddeler boyutlarına göre de üçe ayırmak mümkündür (Koparal, 1991; Doğan, 2000).

- Askıda olanlar
- Kolloidal olanlar
- Çözünenler

Askıda olan maddelerin çapları 1µm' den daha büyük olup çeşitli filtrelerde tutmak mümkündür. Askıda katı olan maddeler güneş ışığını absorbe ederek alt su katmanlarının karanlık olmasına neden olmakta ve böylece suda yaşayan bitkilerin yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Kolloidal ve çözünmüş özellikteki maddelerin çöktürülmesi ve filtrelerde tutulması mümkün olmakta ve bu durum kimyasal işlemlerle bu maddelerin ortamdaki uzaklaştırılması ile mümkün olmaktadır.

Birleşik Amerika'da E.P.A. (Environmental Protection Agency) su kirleticileri sekiz tipe ayırmaktadır (Casey, 1980).

1. Oksijen tüketen maddeler,
2. Hastalığa neden olan maddeler,
3. Yapay organik maddeler,
4. Bitki besinleri (azotlu, fosforlu maddeler ve iz elementleri).
5. Anorganik kimyasal maddeler,
6. Mineral maddeler ve sedimentler,
7. Radyoaktif maddeler ve sıcak sular.

1.6.3. Su Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkisi

Yeryüzündeki kirlilik parametreleri içinde insan sağlığını en büyük boyutta tehdit eden ana parametreler, su kirliliğine ilişkin olanlarıdır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre, gelişmekte olan ülkelerde ortaya çıkan tüm hastalıkların %80'i içme suyundan kaynaklanmaktadır. İnsan sağlığının su kirliliğinden etkilenme nedenleri önem sırasıyla aşağıda belirtilmektedir:

- Mikro organizmalar,
- Parazitler,
- Zehirli maddeler.

Bu nedenlerden ilk ikisi daha çok bulaşıcı veya mikrobik hastalık nedeni olan unsurlardır. Zehirli maddeler de canlılarda hastalık nedeni olabilir. İçme sularındaki patojen olan unsurlar dışındaki bazı iyonik maddelerin de insan sağlığı üzerinde önemli ölçüde yan etkileri bulunmaktadır. Sularda bulunan iyonların türlerine ve miktarlarına bağlı olarak insan sağlığı üzerinde etkileri değişmektedir. Ağır metallerin ve eser elementlerin içme sularındaki miktarları önemli seviyelere ulaşabilmekte ve bazı hallerde insan yaşamını tehdit edebilmektedir. Ayrıca, sularda bulunan kimyasal maddeler, insanlarda fizyolojik akut yada kronik hastalıklara da neden olabilmektedir (Uğurlu, 2002).

Kağıt ve kağıt hamuru fabrikaları atık suları genellikle bırakıldıkları akarsu ve denizlerdeki balıklara ve diğer canlılara karşı zehirli etki yapar. Odun hammaddesindeki bu maddeler; pimarik, palustrik, izopimarik, neoabietik ve abietik asitleri, diklorofenol, tri ve tetrakloro fenol, di, tri, tetra guaiacol ve tri, tetra, penta klor aseton gibi klorlu fenoller, palmitik, stearik, oleik, linoleik asit gibi yağ asitleri gibi diğer maddelerdir. Bu maddelerin birçoğu kabukta bulunur. En önemli zehirli maddelerin reçine asitleri olduğu ve sülfidler, merkaptanlar, fenoller ve terpenlerin de oldukça zehirli oldukları belirtilmektedir (Tutuş ve Eroğlu, 1998).

Sanayileşme, kentleşme ve tarımsal uygulamalar sonucu oluşan atık ve atıklar su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Atık sulardan kaynaklanan kirlilik unsurları; patojene bakteriler ve toksinler, ağır metaller ve bileşikler, radyo aktif maddelerdir. Endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan bileşikler, hızla artan dünya nüfusu,

plansız endüstrileşme, nükleer denemeler v.b. çevreyi kirletmeye başlamış, böylece su ve toprak canlılar için zararlı olabilecek duruma gelmiştir (Liman, 1998).

Bitkiler için yaşam ve beslenme ortamı olan ve tarımsal üretimin en önemli öğelerinden biri olan topraklar, kendine özgü karakteristikleri olan ve kendini yenileyemeyen, üç boyutlu, doğal, canlı ve dinamik sistemlerdir. Sanayi, kentsel ve tarımsal kökenli atık sular doğal su ortamlarının kirlenmesinde önemli bir grubu oluşturmaktadır. Sanayi kaynaklı atık sular soğutma suyu, temizlik işlemlerinden gelen atık sular ve üretim işlemleri sonucunda oluşan atık sulardır.

Topraklar çevre kirleticilere karşı tamponlama kapasitesi yüksek olan sistemlerdir. Atık sular nedeniyle topraklarda ortaya çıkan bu sorunlar bitki gelişimi ve ürün kalitesinde olumsuz yönde etkilemektedir (Ağca, 1998).

1.6.4. Arıtma Yöntemleri

Arıtma yöntemlerini belli başlı özelliklerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz (Saint Gobain, 1973).

1. Fizikokimyasal Yöntemler:

- Adsorpsiyon
- Flokülasyon (kümelenendirme)
- Süzme (filtrasyon)
- Yerçekimi dekantasyonu (Graviter dekantasyon)
- Santrifüjleme ile dekantasyon
- Flottasyon (yüzdürme)
 - 1. Aeroflottasyon
 - 2. Elektroflottasyon

2. Biyolojik Arıtma Yöntemleri:

- Aktif çamurlar yardımıyla arıtma
- Saf oksijen aktif çamur yöntemi
- Bakteri yataklarında arıtma
- Havalandırılmış göletlerde arıtma
- Atık sularını araziye yayma

3. Buharlaştırma Yoluyla Arıtma

1.6.4.1. Fizikokimyasal Yöntemler

1.6.4.1.1. Adsorpsiyon

Bir maddenin bir yüzey veya ara yüzeydeki konsantrasyonunda, bultaki (fazın bütününde) konsantrasyonuna göre meydana gelen artış adsorpsiyon olarak tanımlana bilmektedir. (Gürses ve Bayrakçeken, 1996). Adsopsiyon, fiziksel ve kimyasal olarak ikiye ayrılmaktadır. Fiziksel adsorpsiyonda adsorbent ile adsorbant arasındaki çekim kuvvetleri, van der Waals-London çekim kuvvetleri ve hidrofobik etkileşimler türünden olup fiziksel karekterlidir. Bu sebeble, Adsorpsiyon nispeten zayıf olmaktadır. Bu tip adsorbsiyona çekim kuvvetlerimden esinlenerek Van der Waals adsorpsiyonu da denilmektedir (Levine, 1988; Gürses ve Bayrakçeken, 1996).

Kimyasal adsorpsiyonda ise, adsorplanan moleküller yüzeye tıpkı moleküllerde atomları bir arada tutan kovalent bağlara benzer kuvvetlerle tutunurlar. Bu yüzden,

kimyasal adsorpsiyonda bir mol molekülün adsorpsiyonu için gereken enerji genellikle kimyasal bağ için gerekli enerjiye yakın olmaktadır (Levine, 1988; Shah, 1994; Gürses ve Bayrakçeken, 1996).

Adsorpsiyon prosesi süresince, çözeltideki kirletici adsorbent tarafından tutularak çözeltiden uzaklaştırılır. Adsorbe olan moleküllerin çoğu porların yüzeylerinin oluşturduğu geniş bir alana adsorbe olurken, pek azı partikülün dış yüzeyinde adsorbe olmaktadır. Kirleticinin çözelti fazından adsorbente transferi, adsorbent tarafından adsorplanan kirleticinin konsantrasyonunun çözeltideki konsantrasyonu ile dengeye gelene kadar sürmekte ve denge ulaştığında transfer olayı bitmektedir (Uğurlu, 2002).

pH ve sıcaklık adsorplanan miktar üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Hidrojen iyonlarının çok güçlü adsorbe olmaları ve pH'ın kısmen iyonizasyonu sonucu organik asitler düşük pH'da daha iyi adsorplanabilirler. Buna karşı, organik bazlar için yüksek pH daha uygun olmaktadır. Sıcaklık ise hem adsorpsiyon hızını, hem de adsorpsiyon miktarını etkiler. Sıcaklık artınca adsorpsiyon hızı artar düşüncede hız düşmektedir. Adsorbsiyon egzotermik bir reaksiyon olduğundan adsorbsiyon miktarı düşük sıcaklıklarda artar, yüksek sıcaklıklarda azalır. Bunun için optimum değer aralığında çalışılmalıdır.

Adsorpsiyon oldukça karmaşık bir prosestir, optimum tesis dizaynı sağlanabilmesi için bu faktörlerin dikkatle analiz edilmesi gerekmektedir (Benefield ve ark., 1982). Bu faktörler aynı zamanda adsorpsiyon mekanizmasını, etkinliğini ve verimini belirlemektedir (Yıldız, 1998).

Çeşitli adsorbentlerin sulu çözeltide adsorbsiyonu birçok mekanizma ile gerçekleşebilir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

1. İyon değişimi: Adsorbent tarafından, adsorplanmış zıt yüklü iyonların benzer yüklü iyonlarla yer değiştirmesi şeklinde olmaktadır.
2. İyon çiftleşmesi: Zıt yüklü iyonlar tarafından işgal edilmemiş adsorbentin yüzeyinde bulunan zıt yüklü merkezlere çözeltide bulunan diğer iyonların adsorbe olmasıdır.
3. Hidrojen bağı : Adsorbent ve adsorbat arasında hidrojen bağ oluşumu ile adsorpsiyon.
4. pi bağı elektronlarının polarizasyonu ile adsorpsiyon: Bu mekanizma ile adsorpsiyon, adsorbat elektronca zengin aromatik bir çekirdek içerdiği ve adsorbent kuvvetlice pozitif merkezler ihtiva ettiğinde mümkündür.
5. Dispersiyon kuvvetleri ile adsorpsiyon: London-Van der Waals disoersiyon kuvvetleri adsorbent ve adsorbat arasında etkili olduklarında ortaya çıkan bir adsorbsiyon mekanizmasıdır.
6. Hidrobik bağlanma: Bu mekanizma, adsorbat moleküllerinin sulu ortamdan kaçma eğilimlerinin olması ve bu durumun adsorbantın yapısında bulunan hidrofobik grupların agrega olmak suretile katı adsorbent üzerine adsorplanmalarına yetecek kadar büyük olduğu zaman etkili olabilmektedir (Rosen, 1978).

1.6.4.1.2. Flokülasyon (Kümelenme)

Flokülasyonun amacı çözünmeyen parçacıkların süzölmelerini kolaylaştırmak, dekantasyon ve gaz kabacıklarına tespit olma özelliklerini (flottasyon) arttıracak şekilde bir araya toplamaktır. Böylece küçük parçacıklar iri parçalar halinde bir araya toplanırlar;

süzülmeleri ve ayrılmaları kolaylaşır. Genellikle, kullanılan flokülasyon maddeleri şunlardır (Casey, 1961; Eroğlu, 1979).

a) Mineral Flokülânlar: Alüminyum tuzları (şap, sodyum alüminat), demir tuzları (demir klorür, demir 2-3 sülfat).

b) Organik flokülânlar: Doğal olanlar (nişasta, CMC (karboksimetil selüloz) jelatin ve aljinat), yapay olanlar (paliakrilamid, polistiren sülfonat, katyonik polietilen imin vs)ve iyonik olmayanlardır

Bu maddelerin flokülasyon etkileri iki yoldan olabilir (Novipro, 1974 ve Eroğlu, 1976).

1. Süspansiyon halindeki parçacıklar arasında artı yüklü parçacıklar eksi yüklüleri çekerek bir köprü veya sekonder bağ oluşturarak gruplaşmalar oluşturur.
2. Potansiyel Zeta'nın yakın olmasıyla artı ve eksi yükler nötrleşerek bir birlerini itmez ve kümelenir (Novipro, 1974).

Yapay flokülânlar arasında polielektrolitler önemli bir yer tutar. Flokülân madde seçimi önemli olup başarı pH, flokülân madde miktarı, karıştırma sırası, karıştırma koşulları, potansiyel zeta değeri v.s. gibi birçok etkene bağlıdır (Eroğlu, 1976). Bir flokülasyon tesisi, çözeli hazırlama ve stok kapları, dozaj araçları reaktiflerin karıştırıldığı aygıt gibi kısımlardan oluşur.

1.6.4.1.3. Süzme (Filtrasyon)

Süspansiyon halindeki katı parçacıkları ayırmada süzme kolaylığı olduğu hallerde uygun bir yöntemdir. Çok sayıda süzgeç çeşidi vardır bu tipler, elle çalışan otomatik veya yarı otomatik olabilirler. Her süzgeç tipinin kendine has uygulama alanı vardır. Süzülen maddenin konsantrasyonu bir tipten diğerine değişir. Genellikle, yapışkan ve çözünmeyen maddelerin süzülmesi tavsiye edilmez.

Kumlu süzgeçler iyi bir etkililiğe sahiptir, sakıncası çamur konsantrasyonun düşük olmasıdır. Bu çamurlar sonradan başka bir işlem gerektirmektedir. Elekli süzgeçler; tamburlu, bantlı veya baskılı olabilir. Daha kıvamlı çamur verirler. Süzgeçlerin zayıf berraklaştırma kapasiteleri çamurların muamelesinde kullanılmalarını sınırlar (Saint Gobain, 1973).

1.6.4.1.4. Yerçekimi Yardımıyla Çökeltme (Graviter Dekantasyon)

Dekantasyon süzme ile birlikte süspansiyondaki çözünmeyen maddeleri ayırmak için kullanılan en eski yöntemlerdendir. Graviter dekantasyon yerçekimi etkisiyle oluşan bir çökeltmedir. Dekantasyon ortamda ağır parçacıklar halinde ise yukarıya doğru olabilir. Dekantasyon hızı aşağıdaki etkenlere bağlıdır (Saint Gobain, 1973).

1. Çözünmeyen parçacıkların yoğunluğu sıvı fazın yoğunluğundan farklılaştıkça dekantasyon artar.
2. Parçacıkların boyutları arttıkça dekantasyon hızı artar. Onun için flokülasyon dekantasyon hızını artıracaktır.
3. Sıvı ortamın kıvamlılığı azaldıkça dekantasyon hızı artar.
4. Dekantörün şekli dekantasyon miktarını belirler (Gueera ve Lois, 1961).

Dekantasyon hızını belirlemek 2 saat içinde çökelen madde miktarı ölçülür. Dekantasyon hızı uygun ve yeterli olduğu zaman uygun bir arıtma yöntemi, çok az enerji tüketimi avantajlarını sağlar. Bir dekantör giriş kısmı, serbest çökme zonu, kıvamlılaşma zonu, ayrılan çamurların ekstraksiyon kısmı, dekante olan suyun boşalma kısmı zonlarından oluşur (Eroğlu ve Usta, 2004) .

1.6.4.1.5. Santrifüjleme ile dekantasyon

Santrifüjleme ile dekantasyon, hızlandırılmış dekantasyondur. Fakat burada yerçekimi yerine merkez kaç kuvveti kullanılır. Dekantasyon hızı devir sayısı ile orantılı olup eşit iş kapasitesi halinde gravitler dekantörlerden daha az sorun meydana getirmektedir. Ayrılan çamurların konsantrasyonu daha yüksek olmasına karşın, bakımları pahalı, enerji tüketimi fazla ve genellikle kötü berraklaştırıcılardır. Graviter dekantörlerde olduğu gibi parçacıkların yoğunluğu ortamın yoğunluğuna yakın olunca daha az etkilidir. Bu özellikleri nedeniyle bu tip dekantörler, atık sularını arıtmadan çok çamurların konsantrasyonunu artırmak için kullanılırlar (Eroğlu ve Usta, 2004).

1.6.4.1.6. Flotasyon

Süspansiyondaki çözünmeyen parçacıklar daha küçük çaplı gaz kabarcıklarına tespit olma özelliğine sahiptirler. Böylece gaz kabarcıkları dolayısıyla, parçacıkların yoğunluğu ortamın yoğunluğundan düşük olur ve parçacıklar yüzeye doğru sürüklenirler. Oradan da mekanik olarak kazınarak veya aspirasyon yoluyla alınırlar. Flotasyon primer arıtma tekniği olarak kullanılır ve süspansiyondaki maddeler %98 oranında ayrılabilirler. Parçacıkların yoğunluğu suya yakın veya daha hafif ise dekantasyondan daha etkili bir teknik olması, süzgeçlerde olduğu gibi yapışma ve tıkanma tehlikesi olmaması, elde edilen çamurların konsantrasyonunun yüksek olması, çalışmada fazla sorun yaratmayıp sıcaklık değişimlerinden etkilenmeme gibi avantajlarına karşın ekipmanlarının pahalı olması, flokülün maddeler gerektirmesi ve enerji tüketiminin yüksek olması gibi dezavantajlara sahiptir (Vilars, 1978; Saint Gobain, 1973). Flotasyon ikiye ayrılmaktadır.

1.6.4.1.6.1. Aeroflotasyon

Metalürji ve kağıt endüstrisinde uzun zamandan kullanılan bir yöntem olup gaz kabarcıkları basınç altında ve hava ile doymuş suyun serbest bırakılması ile sağlanmaktadır. Sistem üç kısımdan oluşur (Treille, 1974).

1. Yüksek basınç pompası: Suyun devrini ve basınç altında kalmasını ve havanın hidrodinamik olarak sıkışmasını sağlar.
2. Çözücü kompresör: Çevre havasını emer ve su içinde basıç altına alır.
3. Kabarcık jeneratörü: 50 mikron çapında homojen hava kabarcıkları oluşturur.

1.6.4.1.6.2. Elektroflotasyon

Gaz kabarcıkları suyun elektrolizi yardımıyla 10 voltluk düşük gerilimli akımla beslenen elektronlar yardımıyla yapılır. Bu şekilde elde edilen gaz kabarcıkları çok küçük çaplı ve üstün arıtma yeteneğine sahiptir. Aşınmaz ve esaslı titan olan paslanmaz polipropilenden yapılmış bir elektrot ve alçak gerilimli akımla çalışan bir jeneratör flotasyon hücresinin gerekli aletleridir.

Elektroflotasyon sessiz çalışan bir sistem olup aeroflotasyonun avantajlarını sağlamaktadır. Kullanın alını olarak; yoğunluğu suyun yoğunluğuna yakın katı parçacık halinde olan (biyolojik çamurlar, yağlar vs.), Lifsel maddelerin ayrılmasında, İnce olarak dağılmış çözünmez maddeler, hidrofob çözünmez maddeleri kapsamaktadır (Vilarans 1978; Sanint Gobain, 1973).

Kullanma alanları;

- Yoğunluğu suyun yoğunluğuna yakın katı parçacık halinde (biyolojik çamurlar, yağlar vs).
- Lifsel maddelerin ayrılmasında (kağıt, amyant, tekstil, camyünü).
- İnce olarak dağılmış çözünmez maddeler (emülsiyonlar, boyalar vs).
- Hidrofob çözünmez maddeler (kauçuk ve plastikler).

Dekantasyonda olduğu gibi bir ön flokülasyon işlemi, özellikle ince olarak dağılmış çözülmez parçacıklar veya emülsiyonların flotasyonunda işletme masraflarını azaltır.

1.6.4.2. Biyolojik Arıtma (Sekonder Arıtma)

Biyolojik arıtma uygulanması yaygın olan bir yöntemdir. Atık suları kendi haline bırakılmadan belirli bir yerde toplanarak biyokimyasal ayrışmaları hızlı ve kontrollü bir şekilde yapılır. Biyolojik arıtma kirlenmenin aşınmaya elverişli olan organik maddeler kısmını ilgilendirir. Çünkü çözünmeyen veya çözünmüş organik maddeler suyun oksijenini tüketerek canlıların boğularak ölmesine neden olur (Eroğlu ve Usta, 2004).

Mikroorganizmalar genellikle iki ana gruba ayrılırlar. Bunlar, bakteriler ve mantarlardır. Bakteriler; dairesel çubuk veya spiral şekilde tek hücreli canlılardır. Mantarlar ise filament şeklinde büyüyen çok hücreli organizmalardır. Bakteriler ve mantarlar belirli büyüme devrelerinde spor denilen yüksek bitkilerin tohumlarına tekabül eden üreme hücreleri oluştururlar (Chiaverina, 1963). Bir kağıt fabrikasında bulunan bakteriler üç grupta toplanabilir (Casey, 1961).

1. Spor oluşturan bakteriler: Bacillus subtilis, Bacillus pumilus, Bacillus magetheriyum ve Bacillus cereus.
2. Spor Oluşturmeyen Bakteriler: Pseudomonas, Proteus, Achromabacter, Flavobacterium, alcaligenes, Cellulomonas, Aerobacter, Escherichia coli.
3. Flamentli bakteriler: Actinomyces, crenothrix v.s.

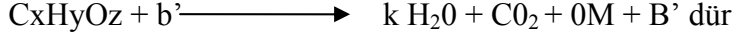
Bakteriler uygun koşullarda çok iyi gelişir. Gelişmeleri için oksijene gereksinim duyanlara aerobik, gereksinim duymayanlara ise anaerobik bakteriler denir. Her iki koşulda da gelişenlere fakültatif bakteriler denir.

Bakterilerin gelişmesi için atık suyun pH'sı 6-8 arasında olmalıdır. Işığa gereksinim duymazlar onun için gelişmeleri 24 saat devamlıdır. Aerobik bakteriler atmosferik oksijene gereksinim duyarlar. Bütün mikroorganizmalar en iyi gelişmeyi 20-40 °C arasında yaparlar

Bakterilerin biyolojik gelişmeleri atık sularındaki organik maddeleri oksidoredüksiyon yoluyla özümlemeleriyle olur. Bu olay aerobik bakteriler halinde (Nasse, 1971);



Şeklinde formüle edilebilir. Burada, $C_xH_yO_z$ organik madde miktarı $C_xH_yO_z$ organik madde miktarından daha azdır. Buna karşılık B son bakteri kitlesi, b başlangıç bakteri kitlesinden fazladır. Anaerobik bakteriler halinde ise



Yine burada B' bakteri miktarı b miktarından fazla olup buna karşılık 0M organik madde miktarı $C_xH_yO_z$ organik madde miktarından azdır.

Bakterilerin yaşaması için gerekli olan maddeler; K, Mg, S, Na, Fe, Ca, Cl, N, P ve fosfatlardır. Bunlar, iyon halinde ve düşük miktarlarda bulunmalıdır. Atık sularında eksik besin maddelerini tamamlamak için azotlu ve fosforlu bileşikler ilave edilir. Ayrıca, iz halinde Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Va v.s. gibi iyonlar gereklidir.

Bakterilerin esas beslenmelerini karbonhidratları özümleyerek sağlar. Lignin ve onun degradasyon ürünleri çoğu mikro organizmalara karşı dayanıklı olup ancak, yüksek mantarlar lignini tümüyle özümleyebilmektedir. Çünkü, ancak yüksek mantarlar yüksek molekül ağırlıklı aromatik maddeleri halledebilmektedir. Su bakterilerinin yaşaması için vazgeçilmez unsurdur. Bakteriler etrafını çevirdikleri maddeyi ayrıştırır ve oluşan çözelti osmoz yoluyla bakteri hücresine nüfuz eder. Hücre içinde yapı ve şekil değişikliğine uğramış halde depo edilir veya yeni bakterilerin oluşmasında kullanılır. Bir bakteri kolonisi yeni beslenme ortamına konduğu zaman eğer, ortam uygun değilse ölür; uygun ise bir latent devreden sonra hızlı şekilde ürerler (Chiaverina, 1974).

1.6.4.2.1. Aktif Çamurlar Yardımıyla Arıtma

Bakteriler faaliyetleri için yeterli oranda oksijene gereksinim duyar. Aktif çamurlar yardımıyla arıtmada oksijen yapay olarak ve yoğun bir şekilde havalandırıcı denen türbünler, dönerli sistemler ve difüzyon tüpleriyle verilir (Saint gobain 1973).

Bir su kitlesinin oksijen absorbe etme miktarı suyun karıştırılması, yani suyun hareketlilik durumu ile orantılıdır (Guerre ve Louis, 1961). Havalandırıcının amacı suyun absorbe ettiği oksijen miktarını yapay olarak artırmaktır. Ayrıca, su geniş bir yüzeye yayılırsa hava-su temas yüzeyi artacağından oksijen konsantrasyonu da artar. Diğer taraftan, oksijen miktarı suda yaşayan canlılar için önemli bir etkidir. Örneğin, alabalık oksijeni 7 mg/l'den fazla olan sularda, sazan balığı ise 5 mg/l'den fazla sularda yaşar (Chiaverina, 1974).

Sudaki çözünmüş oksijen miktarı ayrıca, suyun sıcaklığına da bağlıdır. Bu nedenle alabalıklar serin sularda yaşarlar (Guerre et Louis, 1961).

Aktif çamurlar yardımıyla arıtmada sistem pH, sıcaklık ve diğer faktörlerin ayarlandığı bir hazırlama havuzu ile havalandırıcıdan oluşur. Bu yöntem, atık suyunun az olduğu ve yer sıkıntısının olduğu hallerde uygulanır. Atık suyunun katı madde konsantrasyonu 50- 200 mg/l'den 2000-5000 mg/l'ye kadar değişir.

Havuz içine bakterilerin gerek duyduğu besin maddeleri katılır. İşlem süresi 3-8 saat arasında değişir. Oluşan çamurlar alt kısımdan alınır ve bir kısmı da yeniden sisteme katılır. Doğru ve iyi seçilmiş koşullarda bakteriler bir araya birikerek iri taneler oluşturur. Böylece, oluşan bakteri tanelerine aktif çamurlar denir. Bu çamurlar bir sonraki dekantasyon işleminde sudan kolaylıkla ayrıldıklarından berrak bir su elde edilir (Wilcox ve

Hudkins, 1980). Biyolojik arıtma; primer dekantör, aktivasyon havuzu ve sekondör dekantörden oluşur.

Kağıt endüstrisinde bu yöntem ilk defa 1953 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Aktif çamurlar yöntemi ilave besin maddesi gerektir. Besin miktarı $BOI_5/N/P = 100/5/1$ şeklinde ayarlanır. Bu yöntemler BOI nin %80-90'ı giderilebilir. Giderilen 1 kg BOI başına 0,23-0,34 kg çamur oluşur (Casey, 1980). Havalandırma sistemin en pahalı işlemi olduğundan oksijen ihtiyacı iyi hesaplanmalıdır. Bu ise aşağıdaki 1.2.'deki formüle göre yapılmaktadır. (Chiaverina, 1974).

$$m O_2 = a \times \text{elimine elde edilen } BOI_5 + b \times \text{çamur kitlesi} \quad (1.2.)$$

Burada;

- a: kirlenme miktarına bağlı olup atık suyun biyolojik aşınabilirliğine bağlı olarak 0.3-1.0 arasında değişir.
- b: biyokimyasal reaksiyonun süresine bağlı olup kg çamur başına günlük 0.02-0.1kg oksijen arasında değişir. Genellikle, oksijen ihtiyacı 1 kg BOI_5 için 1 kg oksijendir.

Yöntemin avantajı az bir alanda tesis kurula bilmesidir. Sakıncaları ise aşağıda verildiği gibidir.

1. Oluşan çamurları bırakacak bir yer bulmak zordur, çamurların suyunun giderilmesi zor olup genellikle kül ve kabuklu primer çamurların karıştırılması gerekir.
2. Sistemin hacmi küçük olduğundan denge kolaylıkla bozulur. Özellikle kış koşullarına karşı hassastır. Bakterilerin gelişmesi düzensiz olup denge bir kez bozulunca ancak 2-3 hafta sonra düzelmektedir
3. Sistemdeki şok yaratan ani değişiklikler ve diğer faktörlerin etkisiyle çöktilemeyen ve içinde filamentli bakterilerin bulunduğu çamurlar oluşabilir. Çökelme sorunlarını gidermek için graviter dekantasyon yerine flottasyon kullanmak daha uygundur.
4. Sistemin yetenekli bir eleman tarafından sürekli gözlenmelidir
5. Bakımve işletme masrafı yüksektir (Vilars, 1978; Casey, 1980).

1.6.4.2.2. Saf Oksijen Aktif Çamur Yöntemi

Bu yöntemde moleküler eleklerle az miktarda ve ekonomik olarak saf oksijen üretilmekte ve oksijenin %90'ı kullanılabilir. 5000-7000 mg/l'ye kadar süspansiyon maddesi olan artık suları arıtılarak BOI nin %87-97'si giderilmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu 5 ppm dolayında olup sistemin daha stabil olduğu ve çamurların kolay çökteldiği belirtilmektedir (Casey, 1980).

1.6.4.2.3. Bakteri Yataklarında Arıtma

Bu yöntemde artık suları mikroorganizmaların yüzeyinde geliştiği materyal istifleri üzerine yağmurlama şeklinde yayılır. Su akarken bakterilerin bir kısmını da sürükler ve böylece arıtma arıtma hücresinin dışında da bir süre devam eder (Guerre ve Louis, 1961 ve Chiaverina, 1974).

Bakteri yataklarında iç yüzey alanları yüksek olan kok, cüruf, plastik, çakıl, puzzolen gibi maddeler kullanılarak havalandırma iyileştirilir. Yüzeyi artırmak için küçük çaplı

maddeler kullanmak iyidir; ancak su ve havanın geçmesi için yeterli boşluk bırakılmalıdır. Tane çapları 4-8 cm olan maddeler uygundur. Suların kolay boşalması için alt kısma daha iri çaplı elemanların konması gerekmektedir.

Bakteri yatağının minimum yüksekliği 1,5m., en fazla da 4,5 m olabilir. Kapasitesi küçük olanlarda arıtma 0.2kg/BOİ5/gün, büyük olanlarda 2kg/BOİ5/gün dolayındadır (Saint Gobain, 1973).

Bakteri yataklarıyla arıtma yönteminin kusuru çamurların yapışmasıdır. Son zamanlarda kullanılan plastik bakteri yatakları yapışmayı azaltmakta, daha yüksek olan yüzey alanı, düzenli sulama ve düzenli hava akımı sağlayabilmektedir. Kullanılan ticari maddeler floccor, surfpac, cloisonyle v.s.'dir. Cloisonyle tüp şeklinde olup 0,5 cm kalınlığında ve 80 mm çapında rijit PVC den yapılmıştır. Plastik bakteri yatakları ve aktif çamurlar yardımıyla arıtma yöntemleri endüstriyel ve şehir atık sularının arıtılmasında birlikte kullanılabilir (Usta ve Eroğlu, 2004).

1.6.4.2.4. Havalandırılmış Göletlerde Arıtma

Bu yöntemde atık suyu 3-4 m deriliğinde, ya sadece toprak üzerine kazılmış, ya da tabanı su geçirmez hale getirilmiştir, alanı 17-23 hektar olan göletlerde bakteriler yardımıyla yapılır. Atık suları gölet içinde 5-10 gün muamele edilir. Aktif çamurlar yönteminde olduğu gibi havalandırıcılar oksijen gereksinimini yapay yoldan sağlar. Sistem ya bir göletten, ya da atık suyunun her birinde 24 saat kaldığı arka arkaya göletlerden oluşur. Sistem içine katılan besin miktarı $BOI_5/N/P=100/5/1$ 'den fazla olmamaktadır. Bir fabrika 45 kg BOI_5 için 0.18 kg fosfor ve 1.73 kg azot katmaktadır. Kullanılan maddeler genellikle amonyak ve fosforik asittir. Arıtma etkililiği %80-90 olup arıtılan suyun BOI_5 'i 60 mg/l dir (Vilars, 1978; Casey 1980).

Bu yöntem az miktarda ve hiç azot ve fosfor ilave etmeden çalışabilir. Oysa, aktif çamurlar yönteminde bu besin maddelerinden bol miktarda gerekli olup fazlası alıcı sularda Zararlı olabilir (Moilanen ve ark., 1980).

Maksimum etki için kalıntı oksijen miktarı 0.5 ppm olmalıdır. Bu da 1 kg BOI_5 için 0.5-0.6 kg oksijen kullanması anlamına gelir. Havalandırıcılar mekanik sistemle çalışır. İyi dizaynedilmiş bir havalandırıcı $2.43-3.04 \times 10^{-2}$ kg/w gün oksijen çözer endüstrinin temayülü az sayıda ve kuvvetli havalandırıcılar kullanmak yönündedir. Ayrıca, çamurları çöktirmek için de güç gereklidir. Sıcaklığın 20-45 °C arasında olması halinde bakteriler otoliz yoluyla özümleme yaptığından bir sorun olmaz. Sıcaklık düşerse çamurların çökertilmesi sorun yaratır. Bununla birlikte 20 °C'nin altında %70-75 verim sağlanabilmektedir. Normal sıcaklığın 10 °C yükselme ise %25 azaltmaktadır (Casey, 1980).

Yöntemin Avantajlarına baktığımızda;

1. Yatırım ve maliyet yönünden aktif çamurlar yönteminden yarı yarıya daha ucuzdur.
2. Arık suların kalite ve miktarından fazla etkilenmez. Şok yüklemelerinde de yine aktif çamurlar yöntemi kadar etkilenmez. Fabrikanın işletmeden çıkmasından ve ara vermesinden fazla etkilenmez

3. Koku ve sis sorunları pek olmaz.
4. Düzenli çalışan bir sistemdir. Sıcaklık değişikliklerinden aşırı ölçüde etkilenmez.
5. Bakım masrafı azdır, kimyasal madde tüketimi ve işletme masrafları azdır.
6. Sistem sadece toprağın kazılmasıyla kurulabilir.

Yöntemin dezavantajları ise;

1. Çok fazla alan kaplar, alan 17-23 hektar olup gölet'in hacmi 620.000 m³ dolayındadır.
2. BOİ miktarı yüksek olmayan suların arıtılmasında kullanılabilir. Yükleme miktarı 0.002 kg/m²/gün BOİ olup biyolojik süspansiyon katı madde miktarı 0.045-0.09 kg/kg BOİ olmalıdır (Chiaverina, 1974; Vilars 1978).

1.6.4.2.5. Atık Sularını Araziye Yayma

Bu yöntemin etkililiği %100 olup BOİ' nin tamamı yok olur. Havuzlama, sulama veya püskürtme şeklinde atık suları uygun araziye yayılır. Araziye yayma küçük fabrikalar için uygun olabilmektedir; ancak, uygun arazi bulmak büyük sorun olmaktadır. Toprağın drenaj durumu çok bozulmamalı, atık suyunun pH'sı 6'dan az 9'dan yüksek olmamalıdır. Kullanılan toprak son derece geçirgen olmalıdır. Taban suyu kirletilebilir. İşlem basittir, maliyet gerektirmez, temizleme oranı %100'dür. Bir çeşit doğal arınmadır.

Sakıncası ise; Geniş arazi gerektirmesi, soğuk havalarda donma sorunları, toprağın tıkanması ve koku yaymasıdır. Bu nedenlerle, çok az kullanılan bir tekniktir (Casey, 1980).

1.6.4.2.6. Buharlaştırma Yoluyla Arıtma

Bu yöntem de atık sularının tümü az bir hacim elde edinceye kadar buharlaştırılır. Yöntem ayrılacak kirletici maddenin suya oranla daha uçucu veya daha az uçucu olması halinde uygulanır. Bu şekilde, su kirletici maddelerden arınmış olmaktadır. Geriye kalan kısım duruma göre kirli atık veya tortu kısmı ya da damıtılmış kısım olabilir.

Arıtma yönünden yüksek etkililiğe sahiptir ve süspansiyondaki maddelerin tümü ayrılır. Ancak buharlaştırma çok enerji istediğinden maliyet yüksektir. Aşağıdaki hallerde uygulanabilir (Saint Gobain, 1973);

1. Kirlenmenin çok olduğu atık sularda,
2. Tehlikeli olmaları nedeniyle (zehirli, radyoaktif maddeler vs içeren sular) arınma yüzdeleri çok yüksek olması gereken sular,
3. Atık suları içinde bulunan bazı maddeler ekonomik değerde ise ve değerlendirmeye uygun ise (mineral tuzlar, asitler, bazlar ve bazı organik maddeler gibi).

1.7. Araştırmada Kullanılan Arıtma ve Renk Açma Yöntemleri

Bu araştırma kapsamında Kahramanmaraş kağıt fabrikası atık sularında aşağıdaki arıtma ve renk açma yöntemleri kullanılmıştır.

1. Fizikokimyasal Yöntemlerden,

- a. Süzme (filtrasyon)
- b. Flottasyon (yüzdürme)
 1. Aeroflottasyon.
2. Pit (Gavur gölü toprağı ile)
3. Uçucu kül ile
4. Hidrojen Peroksit ile
5. Ozon ile

1.7.1. Fizikokimyasal Yöntemler

Fizikokimyasal yöntemler, gerek arıtmanın başlangıcında süspansiyondaki maddelerin ayrılmasında ve gerekse biyolojik işlemler sonucu katı maddelerin ayrılmasında kullanılır. Su ekosisteminde biyolojik bozulmayı gerçekleştirmek için kullanılan çok az sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanmasında süre önemli bir parametredir. Bazı organik maddeler için oldukça uzun süreler biyolojik parçalanmayı gerçekleştirmek için yeterli olmamaktadır. Bu tür maddeler için biyolojik yöntemler dışında diğer yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Alternatif en önemli yöntem adsorpsiyon gözükmemektedir. Endüstriyel atık suların arıtılması ve renk giderilmesinde uygulanan en aktif fiziksel yöntemlerden birisi olmaktadır (Asfour ve ark., 1985; Sheng, 1993; Nicolet ve Rott, 1999; Moaris ve ark., 1999).

1.7.1.1. Süzme (filtrasyon)

Süspansiyon halindeki katı parçacıkları ayırmada süzme kolaylığı olduğu hallerde uygun bir yöntemdir. Çok sayıda süzgeç çeşidi vardır bu tipler, elle çalışan otomatik veya yarı otomatik olabilirler. Her süzgeç tipinin kendine has uygulama alanı vardır. Etkilik ve süzülen maddenin konsantrasyonu bir tipten diğerine değişir. Genellikle, yapışkan ve çözünmeyen maddelerin süzülmesi tavsiye edilmez. Kumlu süzgeçler iyi bir etkililiğe sahiptir, sakıncası çamur konsantrasyonunun düşük olmasıdır. Bu çamurlar sonradan başka bir işlem gerektirmektedir. Elekli süzgeçler; tamburlu, bantlı veya baskılı olabilir. Daha kıvamlı çamur verirler. Süzgeçlerin zayıf berraklaştırma kapasiteleri çamurların muamelesinde kullanılmalarını sınırlar (Saint Gobain, 1983).

1.7.1.2. Flottasyon (yüzdürme)

Süspansiyondaki çözünmeyen parçacıklar daha küçük çaplı gaz kabarcıklarına tespit olma özelliğine sahiptirler, böylece gaz kabarcıkları dolayısıyla, parçacıkların yoğunluğu ortamın yoğunluğundan düşük olur ve parçacıklar yüzeye doğru sürüklenirler. Oradan da mekanik olarak kazınarak veya aspirasyon yoluyla alınır. Flotasyon primer arıtma tekniği olarak kullanılır ve süspansiyondaki maddeler %98 oranında ayrılabilirler. Parçacıkların yoğunluğu suya yakın veya daha hafif ise dekantasyondan daha etkili bir teknik olması süzgeçlerde olduğu gibi yapışma ve tıkanma tehlikesi olmaması, elde edilen çamurların konsantrasyonunun yüksek olması, çalışmada fazla sorun yaratmayıp sıcaklık değişimlerinden etkilenmeme gibi avantajlarına karşın ekipmanlarının pahalı olması, flokülün maddeler gerektirmesi ve enerji tüketiminin yüksek olması gibi dezavantajlara sahiptir (Vilars, 1978; Saint Gobain, 1973). Kağıt fabrikasında aeroflottasyon işlemi uygulanmaktadır.

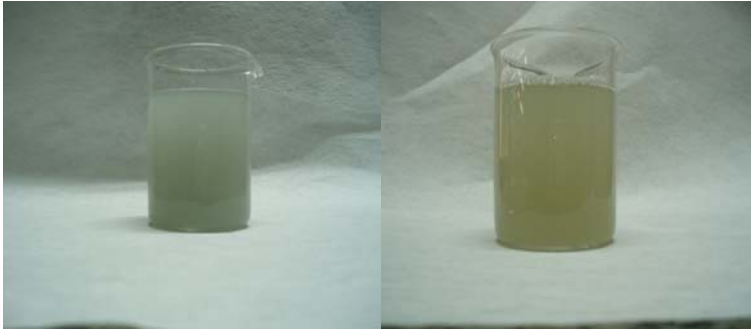
1.7.1.2.1. Aeroflottasyon

Metalürji ve kağıt endüstrisinde uzun zamandan kullanılan bir yöntem olup gaz kabarcıkları basınç altında ve hava ile doymuş suyun serbest bırakılması ile sağlanmaktadır. Sistem üç kısımdan oluşur (Treille, 1974).

1. Yüksek basınç pompası: suyun devrini ve basınç altında kalmasını ve havanın hidrodinamik olarak sıkışmasını sağlar.
2. Çözücü kompresör: Çevre havasını emer ve su içinde basınç altına alır.
3. Kabarcık Jeneratörü: 50 mikron çapında homojen hava kabarcıkları oluşturur.

1.7.2. Pit İle

İçinde %40 fazla organik madde içeren toprağa pit denir. Kağıt-karton endüstrisi atık suları Ni, Cr, Cu, Cd, ve benzeri ağır metaller içermektedir. Bu sular ulaştıkları ortamlarda; sulamada ve denizde yaşayan balıklara toksit özelliklerinden dolayı canlı yaşamını etkilemektedir. Örneğin atık sudaki Cu miktarı litrede 1 ppm'den fazla olursa canlıların yaşamında kötü sonuçlar vermekte hatta canlıyı ölüme kadar götürmektedir. Ağır metal, iyonları olmayan, çözünmeyen ve dibe çöken bileşiklerle alınabilmektedir. Bununla alakalı çalışmalar yapılmış ve en başarılısı içinde yüksek derecede polifenol içeren maddelerde verim sağlanmıştır (Acemlioğlu ve ark, 2003). Uygulama sonrasında suyun renginde görülen değişim aşağıda Şekil 1.8.'de verilmiştir.



Şekil 1.8. Pit uygulaması ile suda görülen renk değişimi

1.7.3.Uçucu Kül İle

Bu çalışmada Kahramanmaraş kağıt fabrikası “co-generation” sisteminde yakılan kömürler elektro filtrelerde tutularak çevreye olan zararlı etkisi ortadan kaldırılmaktadır. Araştırmada elektro filtrelerde tutulan uçucu küller toz toplama siklonunda birtirilme yerinden alınmıştır. Termik santrallerinin atık ürünü olan uçucu kül demir, alüminyum, silisyum, karbon oksitleri gibi bileşenlerden oluşmakta olup, belirgin bir adsorblama özelliğine sahiptir. Yüzey alanı büyük oranda kullanılan kömürün türüne bağlıdır. Sulu ortamda kireç ile reaksiyona girerek ortamdaki metalleri adsorpladıktan sonra katılaşması gibi avantajlara sahip olmasının yanında, radyo aktif elementleri ve ağır metalleri çok az miktarda bulundurması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Viraraghan ve Kapoor, 1977; Bailey, 1999).

Adsorbent olarak uçucu külün kullanılmasıyla ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda, sulu ortamlardan değişik ağır metallerin uzaklaştırılmasında uçucu külün adsorbent olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur (Grupta et al 1990, Srivasta et al

1989, Panday et al 1985, Yadava et al 1987, Weng and Huang 1990-1994, Banerje 1997 ve Viraraghavan and Alfora 1994). Vinod et al (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, uçucu kül kullanılarak şeker endüstrisinde deşarj edilen atık suyun arıtılması ve uçucu kül ile tekstil atık sularından toksik ve renk oluşturan maddelerin uzaklaştırılması yönünde çalışmalar yürütülmüştür (Konduru ve ark., 1997).

Co-Generation sisteminden alınan uçucu kül örneklerinin kimyasal analizlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 1.9.'da verilmiştir.

Çizelge 1.9. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Co-Generation'da Kalan Uçucu Küllerinin Analiz Sonuçları

Bileşenler	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Diğerleri
Ağırlıkça %	35.2	4.05	15.23	32.24	1.27	0.38	1.42	6.45	3.76

Kao ve ark. (2000), uçucu kül kullanarak sulu ortamdan florlu bileşiklerinin etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına, Diez ve ark. (1999), volkanik külleri kullanarak kağıt atık sularından lignin ve renk oluşturan maddelerin giderimi yönünde çalışmaları yürütmüşlerdir. Drizo ve ark. (1999), tarafından yapılan bir başka çalışmada uçucu kül ve bazı adsorbentleri kullanarak sularda fosfat gideriminde uçucu külün diğerlerinden daha yüksek etkinliğe sahip olduğu rapor edilmektedir. Özdemir (1996), Uçucu kül ve aktif karbonun adsorbent olarak kullanılması sonucunda fenol gideriminin de aktif karbona alternatif olarak uçucu külün kullanılabileceğini ve yüksek oranda giderimin sağlandığını belirtmişlerdir.

Uygulama sonrası suyun renginde görülen değişim aşağıda Şekil 1.9.'da verilmiştir.



Şekil 1.9. Uçucu kül uygulaması ile suda görülen renk değişimi

1.7.4.Hidrojen Peroksit ile

Atık suların özellikle rengini açmada ve oksidasyon denemelerinde, oksidant olarak hidrojen peroksit (%35, w/w) kullanılmıştır. Uygulama sonunda görülen renk değişimi aşağıda Şekil.1.10.'de veşilmiştir.



Şekil.1.10. Hidrojen peroksit uygulaması ile suda görülen renk değişimi

1.7.5. Ozon ile

Ozon doğada çok az bulunan bir oksijen allotropudur. Kimyasal bakımdan çok kalımsız bir madde, hemen üretildiği oksijene dönüşüp kalımlı hale gelmek için çabalayan, bu sırada da önüne geleni, özellikle organik maddeleri yükseltgeyen bir kimyasaldır. Üç atomlu ozonun yapısından bir serbest oksijen atomunu vererek kalımlı bir oksijen molekülüne dönüşmesi ile atıkların tehlikesiz bir şekilde temizlenmesinde oldukça fazla kullanım alanına sahiptir. Oysa bu çok yüksek yükseltgeme (oksidasyon) potansiyeli nedeniyle ozon çok düşük derişimlerde bile zehirli bir maddedir, her an her tür organik maddeyi hızla parçalar. Bir m³ havada 1 cm³ (1 ppm) ozon bulunması insan sağlığı için çok tehlikelidir, ne var ki tabiatta bu kadar ozon yoktur. Atmosferin alt tabakalarına göre üstlerinde daha çok ozon bulunur, ancak oralarda da organik maddeler bulunmadığından ozonun zararlı olması söz konusu değildir. Tam tersine ozonun güneşin mor ötesi ışınlarını süzmedeki yararlı işleri nedeniyle buradaki ozon eksikliği günümüzde insanlığın ortak sorunlarından birisidir. Hepimiz bu sorunun kullandığımız klorlu ve florlu hidrokarbon (CFC) gazlarından kaynaklandığını biliyoruz.

Ozonun çok kuvvetli bir yükseltgen olması sulardaki atık maddelerin temizlenmesinde, içme sularının arıtılmasında, kötü kokulu gazların kokularının giderilmesinde, kağıt endüstrisinde hamurun rengini açmada, gıda sanayiinde, termik santrallerdeki soğutma sularının yosunlanmasının önlenmesinde kullanılmaktadır. En çok kullanılan mikrop öldürücü olan klor ve kapalı devrelerde çok kullanılan kromik asitle karşılaştırıldığında ozonun çok önemli üstünlükleri vardır. Kendisi zehirli olan ozon organik maddeleri yükseltgeyip işini bitirdiğinde geride zehirli atık bırakmaz, kalanlar çoğunlukla CO₂, organik asitler, sülfatlar, nitratlar ve sudur. Ozonun özellikle en çok kullanıldığı içme suyu arıtımında ve atık suların temizlenmesinde işlem gören suyun içinde bir miktar oksijen kalmasının hiç sakıncası yoktur. Tam tersine bu durum istenmektedir.

Sarımsak kokulu, mavi renkli gazın kendisinden üretildiği oksijene geri dönüş isteği o denli güçlüdür ki karşısına gelen hemen her tür madde ile tepkimeye girmeye ve onu yükseltgemeye çalışır. Diğer bir ifade ile yükseltgeme potansiyeli çok büyüktür. Ozonun bu özelliğinden dolayı, sularda yok etmek istenilen bakteri, mikrop, virüs ve diğer sağlığa zararlı maddelerle elimine edilir.

Biyolojik olarak bozulması çok zor olan organik klorlu bileşikler büyük miktarlarda çevredeki sulara atan kağıt fabrikaları da son yıllarda ağartma işlemleri için klorlu bileşikler yerine ozonun yakın akrabaları olan oksijen ve hidrojen peroksit (oksijenli su) ile birlikte kullanmayı denemektedirler. Denenen yöntemler başarıya ulaşırsa en büyük su kirleticilerden birisi olan kağıt fabrikaları da kapalı devre su sistemi ile çalışacaktır, bir

başka deyişle dışarıya çok az su akacaktır, ancak bu sularda organik klorlu bileşikler olmayacaktır.

Kentlerin içme sularının hazırlanmasında en çok kullanılan mikrop giderici klor ve kloramindir. Ne var ki bu maddeler son yıllarda daha sık olarak sularda rastladığımız çok değişik nitelikteki organik maddelerle de birleşirler. Mikrop öldürürken bu kez zararlı organik klorlu bileşikleri suyumza katmış oluruz. Ozonun klor ve kloramine karşı başlıca üstünlüğü ise mikrop öldürme işini yaparken çok hızlı çalışır, ardında da yeni sorun bırakmaz. Bu nedenle de son yıllarda daha çok içme suyunda olmak üzere suların arıtılmasında ozon kullanımı hızla artmıştır.

Ayrıca ozon zehirli kimyasallar ihtiva eden atık ve atık sularda etkili bir dezenfeksiyon sağlarken, insan ve doğa için koruyucu bir görev üstlenir. Havada ve suda oluşan kötü kokuların kaynağı olan sentetik ya da organik bileşikler, ozon ile okside olarak, koku giderme noktasında ozonun üstün bir temizleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Koku giderme noktasında ozon, çok geniş uygulama alanlarına benzersiz çözümler sunar. Otellerde, evlerde (pet, hasta odalarında), süt ve süt ürünleri işletmelerinde, ilaç fabrikalarında, yağ fabrikalarında, kauçuk fabrikalarında, balıkçılıkta, deri endüstrisinde, yemek fabrikalarında, tavuk çiftliklerinde, benzin istasyonlarında, soğuk hava depoları ve kulelerinde, ozon, başka hiçbir materyalin veremeyeceği inanılmaz sonuçlar ortaya koyar.

Su dezenfeksiyonunda da kullanılan ozon:

- İçerisindeki insan sağlığına zararlı mikroorganizmaları yok eder,
- Suyun oksijen bakımından zenginleşmesini sağlar,
- Sertlik derecesini düşürür,
- Suyun rengini berraklaştırır,
- Ağır metalleri uzaklaştırır,
- Suyun kokusunu giderir.

Atık sulardaki rengin giderilmesi içme sularındaki rengin giderilmesinden daha zordur. Çünkü endüstriyel atık sularda rengin kaynakları, yapısı, arıtılabilirliği çok farklıdır. Biyolojik arıtma çoğu rengin giderilmesinde etkili olmaz. Kimyasal çöktürme rengin metal iyonları gibi çöktürülebilir yapılardan oluştuğu hallerde ve bazı çözünmeyen organik boyar maddelerde etkili olur. Kimyasal oksidasyon atık sularda renk giderilmesinde en yaygın ve en etkili yöntemlerden biridir. Ozonlama ekterm pH gerektirmeden oldukça yüksek verim sağlamaktadır. Ayrıca ozonun zehirli bileşik oluşturma potansiyeli çok düşüktür. Ancak ozonlama yönteminin maliyeti bu konudaki sınırlayıcı faktördür. Klorlama ile yapılan kimyasal oksidasyonda ise özellikle asidik pH değerlerinde verim alınmaktadır. Ancak gereken dozlar çok yüksek olmakta bu da klorun zaten yüksek olan zehirli bileşik oluşturma potansiyelini büsbütün artırmaktadır. Bu nedenle klorlama daha çok arıtılmış atık sularda ki kalıntı rengin giderilmesinde kullanılmaktadır. Hidrojen peroksit daha az etkili bir renk gidericidir. Çoğunlukla asidik veya bazik pH düzeylerinde etkili sonuçlar vermektedir. Maliyetini yüksek oluşundan dolayı kullanımı sınırlıdır (Tünay, 1996). Uygulama sonrasında renkte görülen değişim aşağıda Şekil 1.11.'de verilmiştir.



Şekil 1.11. Ozon uygulaması ile suda görülen renk değişimi.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Eroğlu (1978), doğal dengelerin bozulması veya bir yerde bir maddenin aşırı birikmesi ya da azalması çevre sorunları yaratır. Depo edilen güneş enerjisinin aşırı ölçüde ısıya dönüştürülmesi, bir akarsu içinde aşırı organik veya zehirli madde birikmesi, ilgili bölgede dengenin bozulmasına neden olacak ve canlıların gelişmesine zarar verecektir. Bu nedenle her türlü faaliyetlerimizi sürdürürken doğadaki mevcut dengeleri korumalı ve belli bir maddenin belli bir yörede aşırı birikmesini ya da tümünden yok olmasını önlenmelidir.

Eroğlu (1977), endüstriyel sular akarsulara veya denizlere bırakılmadan önce çeşitli yöntemlerle arıtılmaktadır. Ayrıca, zehirli maddeler ve inhibitörlerden temizlenmelidir. Aksi halde, ya suyun oksijenini tüketerek ya da zehirlenme yoluyla akarsu, göl ve denizdeki canlı hayatı tehlikeye sokarlar.

Casey (1980), birleşik Amerika'da E.P.A. (Environmental Protection Agency) endüstri ve evsel atık su kirleticilerini 8 tipe ayırmaktadır.

- Oksijen tüketen maddeler,
- Hastalığa neden olan maddeler,
- Yapay organik maddeler,
- Bitki besinleri (azotlu, fosforlu maddeler ve iz elementler),
- Anorganik kimyasal maddeler,
- Mineral maddeler,
- Sedimentler,
- Radyoaktif maddeler ve sıcak sular.

Eroğlu ve Usta (2004), bir suyun kirlilik miktarını belirlemek için yapılması gereken ölçmeleri aşağıdaki Şekilde sıralaya biliriz. Kirli su debisi, pH, süspansiyondaki madde miktarı, 2 saat içinde çöktürebilen madde miktarı, biyolojik oksijen isteği, kimyasal oksijen isteği, toplam oksijen isteği, renk, zehirlilik, ağır metaller, zehirler, oksitlenebilir maddeler ve askıda katı madde miktarı. Kirli su kaynağına bağlı olarak değişebilir. Bir kağıt atık suyun pH'sı ağartma ve pişirme yöntemine, üretilen kağıdın tipine bağlı olarak değişebilir. Sülfite yönteminde son derece asit, kraft kağıt hamuru üretim yönteminde ise son derece alkalidir. Biyolojik arıtmadan önce pH 6-8 arasına ayarlanmalıdır. Biyolojik arıtmada bakterilerin gelişmesi yönünden pH son derece önemlidir. Bakteriler nötr veya hafif alkali ortamı daha çok severler. En iyi gelişme gösterdikleri pH 6-8 aralığındadır. Bakterilerin çoğu pH 5'in altında gelişemezler.

Casey (1980), kirleticiler arıtılmadan sulara bırakılırsa aşağıda maddeler halinde belirtildiği gibi nehir ya da deniz dibinde çamurlar oluşturduğunu ve sudaki yaşamı etkilediklerini ifade etmiştir.

- Nehir tabanını kaplayarak mevcut canlıların gelişmesini engellerler,
- Suyun oksijenini tüketerek canlıların oksijensiz kalmasına neden olurlar,
- Anaerobik ayrışmaya uğrayarak koku çıkarırlar,
- Anaerobik olarak çıkan gazlar zararlı olurlar.

Gobain (1973), kağıt fabrikası atık suyunun bulanıklık durumu genellikle süspansiyon ve kolloidal madde miktarı hakkında bir fikir verir. Süspansiyondaki madde miktarı kimyasal olarak süzme ya da santrifüjleme yoluyla tayin edilir ve mg/l veya g/m³ olarak ifade edilir. Santrifüjlemede 100 ml atık suyu 15 dakika süre ile ve 5000 devir/dk

hızla santrifüjlenir. Çökelti tekrar damıtık su ile santrifüjlenir, çökelti alınır, kurutulur ve tartılır şeklinde ifade etmiştir.

Erdoğan (1995), kağıt fabrikası atık su arıtma tesislerinin kurulması için öncelikle düzenli bir laboratuvar ve saha çalışmasının yapılması gereklidir. Öncelikle fabrikalardaki atık su kaynakları belirlenir ve bu kaynaklardan oluşan atık suların miktarları ve kirletici özellikleri yapılan deneylerle tesbit edilir. Daha sonraki adım ise elde edilen bilgilere dayanarak arıtılabilirlik çalışmalarının yapılması ve bu atık suyun arıtılması için en uygun arıtma teknolojisinin seçilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Tutuş (1996), günümüzde çevre kirliliğinin insan hayatındaki olumsuz etkileri giderek artan oranlarda hissedildiğinden kağıt hamuru üretim yöntemleri ve çevreye olan etkileri üzerinde ciddi baskılar oluşmaktadır. Bu yönüyle ele alındığında, ülkemizde hem kağıt hamuru üreten hem de ağartan fabrikaların çevreye zararlı olan kimyasal maddelerin kullanımını terk ettiğini ve bunun yerine çevreye daha az veya hiç zararı olmayan yöntemlerin kullanılmaya başladığını ifade etmiştir.

Malik (2004), atık su arıtımında aktif karbon adsorpsiyonunun en etkili ve güvenilir fizikokimyasal yöntemlerden biri olduğu kanıtlanmıştır. Ancak ticari olarak aktif karbon çok pahalı olduğu için son yıllarda adsorpsiyon tekniği ile renk giderimi konusunda, kil, odun, mısır koçanı ve organik toprak gibi pek çok alternatif, ucuz, kolay elde edilebilen ve bol bulunan adsorbentler kullanılmıştır

Eroğlu (1981), en iyi arıtma hiç kirlilememektir. Kağıt hamuru üretim yönteminin en az kirlileten yöntemlerden seçilmesi arıtma masraflarını azaltır. Örneğin Kağıt endüstrisinde en fazla kirlileten sülfat yöntemi, sülfat yönteminden 10 kat daha fazla kirliletmektedir. Buna karşılık kağıt üretiminde şayet soda-oksijen yöntemi kullanılırsa hem sülfat yönteminde olan hava kirlenmesini ortadan kaldırmakta hem de su kirlenmesi daha da azalmakta olduğunu belirtmiştir.

Özdemir (1993), uçucu kül ve aktif karbonun adsorbent olarak kullanılması sonucunda fenol gideriminin de aktif karbona alternatif olarak uçucu külün kullanılabileceğini ve yüksek oranda giderimin sağlandığını belirtmişlerdir.

Diez ve ark. (1999), volkanik külleri kullanarak kağıt atık sularından lignin ve renk oluşturan maddelerin giderimi yönünde çalışmaları yürütmüşlerdir.

Drizo ve ark. (1999), tarafından yapılan bir başka çalışmada uçucu kül ve bazı adsorbentleri kullanarak sularda fosfat giderilmesinde uçucu külün diğerlerinden daha yüksek etkinliğe sahip olduğu rapor edilmektedir

Kao ve ark. (2000), uçucu kül kullanarak sulu ortamdan florlu bileşiklerinin etkili bir şekilde uzaklaştırılmasını sağladığını belirtmiştir.

Vinod ve ark. (2001), tarafından yapılan bir çalışmada, uçucu kül kullanılarak şeker endüstrisinde deşarj edilen atık suyun arıtılması ve uçucu kül ile tekstil atık sularından toksik ve renk oluşturan maddelerin uzaklaştırılması yönünde çalışmalar yürütülmüştür

Grupta ve ark. (1990), Srivasta ve ark. (1989), Panday ve ark. (1985), Yadava ve ark. (1989), Weng ve Huang (1994), Benerjee ve ark. (1997) ve Viraghavan ve Kapoor (1994) adsorbent olarak uçucu külün kullanılmasıyla ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda, sulu ortamlardan değişik ağır metallerin uzaklaştırılmasında uçucu külün adsorbent olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur

Erdem ve ark. (2005), adsorpsiyon metodunun renkli organik maddelerin, ağır metallerin, diğer organik ve inorganik safsızlıklarının giderilmesinde en güçlü ve en düşük maliyetli metotlardan biri olduğu kanıtlanmış olup bu konuda birçok çalışmalar yapılmış ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Senthilkumar ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada adsorplayıcı madde olarak kendir lifi kullanarak sulu ortamdan metilen mavisinin uzaklaştırılması konusunda çalışmışlardır. Adsorpsiyon kapasitesi 225.64 mg/g ve optimum pH 5–10 olarak bulunmuştur.

Acemioğlu (2004), kızılçam kabukları ile sulu ortamdan Fe (II) iyonlarının giderilmesini çalışmış ve ortalama %55–66 arasında demir iyonları ortamdan uzaklaştırılmıştır.

Acemioğlu ve Alma (2001), selüloz kullanarak sulu ortamdan Cu (II) iyonlarının uzaklaştırılmasını çalışmışlar ve birim adsorbent ağırlığı başına adsorplanan Cu (II) iyonları yaklaşık 2.4 ile 3.7 mg/g arasında bulunmuştur.

Acemioğlu ve Alma (2004), çam talaşı kullanarak Cu (III) iyonlarının adsorpsiyonunu çalışmışlardır. Sonuçta, %65–81 oranında Cu (III) iyonlarının çam talaşı üzerine adsorbe olduğunu bulmuşlardır.

Gündoğan ark. (2004), gavur gölü'nden temin ettikleri organik toprak ile Cu (II) iyonlarının sulu ortamdan giderilmesini çalışmışlardır. Sonuçta, 21 °C'de ve pH 5,5 'de %97 oranında Cu (II) iyonlarını ortamdan uzaklaştırmayı başarmışlardır.

Dahiya ve Devi (2006), tuğla tozu külü, uçucu kül ve aktif karbon kullanarak evsel atık sularda kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi üzerine yapmış oldukları bilimsel araştırma sonucunda; başlangıç kimyasal oksijen ihtiyacı değeri 1080 mg/l olan atık suyun tuğlatozu külü uygulamsında %87.2, uçucu kül uygulamsında %87,84, aktif karbon uygulamasında %99.35 oranında giderimini gerçekleştirmişlerdir.

Srivastava ve ark. (2005), kağıt hamuru ve kağıt fabrikasyon artıklarının polyalüminyum clor ve uçucu şeker kamışı külü kullanarak arıtılması üzerine yapmış oldukları bilimsel araştırmada; polialüminyum kullanarak başlangıç pH:3, dozajı 3 gr/l olarak çalıştıklarında kimyasal oksijen ihtiyacı ve rengin %80-90 arasında giderimini sağlamışlar, uçucu şeker kamışı külü kullanarak başlangıç Ph:4, dozajı 2 gr/l olarak çalışma sonucunda kimyasal oksijen ve rengin %50-55 oranında giderimini gerçekleştirmişlerdir.

Sahu (2002), uçucu kül ve ticari aktif karbon ile atık sularda kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi üzerine yapmış oldukları bilimsel araştırmada; başlangıç kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonunun ve adsorbent dozu parametreleri ekseninde yapmış olduğu atık su arıtımı araştırmasında ticari aktif karbon ile uçucu külün kimyasal oksijen ihtiyacı giderimini araştırmış, başlangıç kimyasal oksijen ihtiyacı değeri 1200 mg/l olan atıksuda uçucu kül ile %65-81 oranında, ticari aktif karbon ise %90-99 arasında giderimi gerçekleştirdiğini gözlemlemiş, adsorbent dozu parametresini kullanarak yapmış olduğu diğer bilimsel araştırmada en iyi sonuçları 60 gr/l uçucu külde % 79.31, 50 gr/l ticari aktif karbondaki % 98.59 oranında kimyasal oksijen ihtiyacı giderimini olduğunu ispatlamıştır.

Alaton ve Serement (2004), ozonla, granüler aktif karbon ve bunların kombinasyonlarını kullanarak yapmış oldukları atık su arıtım proses araştırmasında, eş zamanlı olarak granüler aktif karbon ve ozon ile muamele edilen tekstil atık suyunun ozon muamelesinden sonra renk gideriminde daha etkili olduğu görülmüştür. Granüler aktif

karbon pH:3'de % 54, ozon muamelesinde pH:7-9 arasında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderimi granüler aktif karbona göre daha fazla olduğu görülmüş olup % 82.3 olarak ölçülmüştür.

Heinrich (1995), su kalitesi için ileri derecede atık su arıtılması üzerine yaptığı araştırmada; yüksek konsantrasyonda belediye atık sularının ve filitre edilmemiş parçalı taşıma sistemleri tarafından taşındığını gözlemlemiş ve şehirleşmenin artması sonucunda Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerinin 1500 mg/l'ye kadar ulaştığını bulmuştur.

Sopajaree ve Koottatep (Anonim c, 2007), kağıt endüstrisi atık sularında anaerobik yüksek akıllı filtre kullanarak yapmış oldukları çalışmada Saa Paper arıtılmış atık suyunun ilk kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonunun 3000 mg/l olarak ölçmüş, atılmış atık suyun sırası ile 2, 2.4, 3, 4 ve 9 kg KOİ/m³ miktarını arıtıldıktan sonra %67.59, %65.61, %65.47, %49.60, ve %47.49 oranlarında kimyasal oksijen ihtiyacı giderimini gerçekleştirmişlerdir.

Luna ve ark. (2002), kömür uçucu külü kullanarak doldurulmuş arazi atık suların arıtılması üzerine yapmış oldukları çalışmada, belediye atık sularının yüksek konsantrasyonda organik bileşenin bulunduğunu saptamışlar, aktif çamurla arıtılan sulardan %43, %53, %82 oranlarında kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi gerçekleştirdiğini bulmuşlardır.

Kurniawan ve ark. (2006), atık sularda ağır metallerin adsorbsiyonu üzerine yaptıkları araştırmada Cd(II), Cr (II), Cr (VI), Cu(II), Ni(II) ve Zn (II) ağır metallerin Cr (VI) 170 mg/g, portakala kabuğunda Ni(II) 158 mg/g, soya fasülyesi kabuklarında Cu(II) 154.9 mg/g, meyve kabuğunda Cd(II) 52.08 mg/g miktarlarında uzaklaştırma sağlamsına karşın, aktif karbonda ağır metallerin giderimi Cd(II) 146 mg/gr, Cr (VI) 'da 145 mg/g Cr (IV) 30 mg/g, Zn (II)'de 20 mg/g olarak bulmuşlardır. Böylece düşük maliyetli adsorbantlerin yüksek maliyetli olan aktif karbona alternatif olarak kullanılabileceğini kanıtlamışlardır. Atık sularda özellikle kağıt atık sularında yüksek miktarmadde adsorblama kapasitesini dahada artırmak için adsorbant'ın başlangıç konsantrasyonunu ve yüzey modifikasyonu gibi işlemler uygulayarak bu tutunma oranını dahada arttırdığı görünür deneysel bulgular ışığında öne sürmüşlerdir.

Jayaweera ve ark. (2007), ağır metal sanayi atıklarında demir giderimi üzerine lifli bitkileri kullanarak yapmış oldukları araştırmada sentetik atıklarda %27 mg/l demir giderimini gerçekleştirmişlerdir.

Seelsaen ve ark. (2007), yağmur sularında çözünmemiş ağır metal uzaklaştırılması üzerine yapmış oldukları araştırmada Cu^{2+} , Pb^{2+} ve Zn^{2+} iyonlarının adsorbsiyonunu çalışmışlar, çalkalama metodunu kullanarak adsorbsiyon etkisi çalışılan metaryelin enyüksek giderimi bakırda %83, kurşunda %87 ve çinkoda %88 olarak gözlemlemişlerdir.

Zhang (2004), içme sularında Ni ve Zn fulvic ve humic asid kompleksleri ile gidemeye çalışmışlar ve Ni'de %23.5, Zn'de %34.6 oranında giderim sağlamışlardır.

Mounteer ve ark. (2007), organik madde içerikli kağıt hamuru endüstrisinde kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi araştırmasında kraft hamuru atıklarında biyolojik arıtım sistemleri kullanılmış ve bu arıtımın sonunda %71 kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi düşük moleküler kütleli atıklarda %83, yüksek moleküler kütleli atıklarda ise %36 oranında kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi sağlamışlardır.

Chen ve Wang (2007), bira sanayi atıklarında sulu çözeltilerde Pb, Ag, Cs ve Sr ağır metal giderimi üzerine yapmış olsukları ve maksimum biosorpsiyon kapasitesinin sırası ile Pb'de 0.413 mmol/g, Ag'de 0.396 mmol/g Cr'de 0.091 mmol/g ve Sr'da 0.076 mmol/g olarak bulmuşlar ve dengeleme süresi bakımından sırası ile $Pb > Ag > Sr > Cs$ şeklinde sırada olduğunu göstermişlerdir.

Korolewicz ve ark. (2001), çinkonun kağıt içerikli atıklarda giderimi üzerine yapmış oldukları çalışmada atık labaratuvar şartlarında incelendiğinde 50 mg/g Zn içerdiğini bulmuşlardır. Analiz edilen metaryellerde Zn, Kd, Cu ve Ni içerdiği bulunmuş ancak en çok %65 Zn olduğunu tesbit etmişler. Elektro mekanik yöntem kullanarak %90.2 oranında Zn giderimini gerçekleştirmişlerdir.

Pehlivan ve Altun (2007), atık sularda Pb^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Cd^{+2} , ve Ni^{+2} ağır metallerini, iyon değişimi yöntemiyle arıtılması üzerine yaptıkları çalışmalarda, ortalama olarak 4.5 ile 9 mg giderim gerçekleştirildiği, araştırmada sırası ile azdan çoğa doğru Pb^{+2} , Zn^{+2} , Cd^{+2} , Cu^{+2} ve Ni^{+2} iyonları giderimini sağlamışlardır.

Mauchauffee ve Meux (2007), endüstriyel atık sularda ağır metal içeren çözeltilerde sodyum decenoate kullanarak ağır metal giderimi üzerine yaptıkları araştırmada 20 °C'de ayarlanan çözeltiler sırası ile Cd, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn içeren çözeltilerde 11.69, 14.65, 10.16, 9.17, 16.05 ve 13.05 mg/l miktarlarında giderim sağlamışlar, karışık çözeltiler kullanarak yapılan çalışmalarda bu giderim oranlarının metallere oranla paylaştırıldığını gözlemlemişlerdir. Özel hazırlanan çözeltilerde bu ağır metallerin karışımlarını çalışmış olup sodyum decenoate oranla kendi hazırladıkları çözeltilerde 1/6 oranında giderim sağlamışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Taze Suyun Özellikleri

Kağıt üretimi susuz olmayacağından, Kağıt sanayi kuruluşlarının can damarlarından biride sudur. Kahramanmaraş ilinin su bakımından zengin olması sebebiyle fabrika büyük imkânlarla sahiptir. Kahramanmaraş kağıt fabrikasında 5 adet kuyu bulunmakta olup su ihtiyacını bu kuyulardan karşılamaktadır. Kuyulardan alınan sular ana su deposuna birikmekte ve buradan fabrikaya dağıtılmaktadır. Fabrikada içme ve kullanma suyu Ultra Viyole lamps cihazından geçirilerek dezenfeksiyon işleminden yapılmaktadır. Kullanılan içme ve kullanma suyunun özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.1.a. ve kuyu suyunda bulunan Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} , Cu^{+2} ve Pb^{+2} miktarları Çizelge 3.1.b.'de aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1.a. Kahramanmaraş kağıt fabrikasında kullanılan içme ve kullanma suyunun özellikleri.

Renk ve Görünüş	Koku Tad	Sertlik	Amonyak (NH_3)	Nitrit (NO^-)	Klorür (Cl^-)	Toplam Organik Madde	pH	Tortu
Renksiz, Berrak	Kendine has	26 °F	(-)	(-)	17.75 ppm	2,7 ppm	7,6	(-)

Çizelge 3.1.b. Kahramanmaraş kağıt fabrikasında kullanılan kuyu suyunda bulunan Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} , Cu^{+2} ve Pb^{+2} miktarları (ppm).

Na^{+1}	Fe^{+2}	Ca^{+2}	K^{+2}	Zn^{+2}	Mg^{+2}	Cu^{+2}	Pb^{+2}
85.690	2.507	55.644	6.331	0.020	58.069	0.039	0.450

3.1.2. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Suyunun Özellikleri

Kahramanmaraş kağıt fabrikası yarı kapalı sistemle çalışmaktadır. İşletmeden gelen atık sular ilk önce çökeltme havuzuna gelmekte; burada atık su içerisinde bulunan kum, taş ve benzeri ağır çisimler çökeltilerek alınmakta, buradan devam eden atık su 200 mesh'lik elekten geçirilmekte, buradaki amaç ise atık su içerisinde bulunan son kırıntı elyafların geri kazanımını sağlamaktır. Dışarı verilen atık su miktarı yaklaşık olarak saatte 150 m³ tür. Bu çalışmada arıtma sonuçları kullanılarak dışarı verilen atık su arıtılarak tekrar kullanılması hedeflenmektedir. Kahramanmaraş kağıt fabrikası atık suyunun yaptırılmış olan analiz sonuçları diğer sayfada Çizelge 3.2.'de görülmektedir.

Çizelge 3.2.Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Su Analiz Değerleri.

Parametreler	Birim	Analiz sonuçları
pH	-	7,02
AKM	(ppm)	1920
Yağ ve Gres	(ppm)	<10
KOİ	(ppm)	2593
S ⁻²	(ppm)	0,089
Toplam Kjeldahl azotu	(ppm)	40816
NH ⁴ -N	(ppm)	1,568
Serbest Siyanür	(ppm)	0,002
Toplam Krom	(ppm)	0,054
Cr ⁺⁶	(ppm)	<0,005
Ni	(ppm)	0,029
Cd	(ppm)	<0,005
Fe	(ppm)	5,562
Al	(ppm)	20,39
Pb	(ppm)	0,106
Cu	(ppm)	0,194
Zn	(ppm)	0,453
Hg	(ppm)	<0,002

3.1.3.Ozon

Ozon gazı; doğada, güneşten gelen mor ötesi ışınların atmosferdeki oksijeni parçalayarak ozon moleküllerine çevirmesi sonucu oluşur. Teknolojik olarak ise, elektron boşalımı yardımıyla soluduğumuz havadan ya da saf oksijenden ozon reaktörleri yardımıyla elde edilir. Bu çalışmamızda Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında buluna ozon reaktöründen yararlanılmıştır. Ozona ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.3’de aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.3. Ozona Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Özgül ağırlığı (g/l)	Moleküler ağırlığı	Kaynama noktası (°C)	Erime noktası (°C)	Buhar yoğunluğu (Air=1)	Sudaki çözünürlüğü (ağırlık %’si)	Görünüm ve Koku
2.144	48.00	-119	-192	1, 7	0, 49	Renksiz, keskin kokulu

3.1.4.Hypo ve PAC Kimyasalı

Yine bu çalışmada dezenfeksiyon ve pH değerini ayarlamak için Kahramanmaraş kağıt fabrikasının yoğun olarak kullanmış olduğu Hypo ve PAC (Polialüminyum klorür) den yararlanılmıştır. Araştırmada kullanılan Hypo ve PAC ile ilgili analiz değerleri sırası ile Çizelge 3.4. ve 3.5.’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kahramanmaraş Kağıt Farikasıdan Alınan Hypo'nun Analiz Değerleri

Parametre	Birim	Analiz degerleri
Görünüş	—	Sarı, berrak, sıvı
Aktif klor	(g/lt)	152
Sodyum hidroksid	(g/lt)	4
Sodyum karbonat	(g/lt)	2
Yoğunluk	(gr/cm ³)	1,22
Toplam alkalinite	(g/l)	6

Çizelge 3.5. Kahramanmaraş kağıt fabrikasından alınan PAC (Polialüminyum klorürün) analiz değerleri

Parametre	Birim	Analiz degerleri
Görünüm	—	Sarımsı sıvı
Al ₂ O ₃	% (w/w)	152
Yoğunluk	(gr/cm ³)	4
Viskozite	mPa.s	2
Bazisite	% (w/w)	1,22
pH (20 °C) (% 5 çözelti)	—	6

3.1.5.Uçucu kül

Bir başka kullandığımız materyal olan uçucu kül yine Kahramanmaraş kağıt fabrikasından kazan ünitesinde yakıt olarak kullanılan kömürlerin yakılması sonucunda oluşmuştur. Kömür deposuna getirilen kömürler karışım yapılarak taşıyıcı bir banda verilmekte, bantlardan gelen kömür değirmende 200 mikron büyüklüğüne kadar öğütülerek elekte elenmekte ve buradan kazana verilerek 5000-6000 °C sıcaklıkta yakılmakta olup buradan kömür külü torbalı filtrelelere oradan elektro filtrelelere son olarak kül siklonuna alınmaktadır. Yakılan kömüre ait spesifik değerler Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Yakılan Kömüre Ait bazı Spesifik Değerler.

Parametre	Birim	Spesifik değerler
Rutubet	%	5,5-6
Kül	%	20-25
Ucucu kül	%	30-33
Sabit karbon	%	40-45
Üst ısı degeri	kcal/kg	5000-6000
Alt ısı değeri	kcal/kg	4750-5900
Toplam S	%	3-3,5
SO ₂	%	1,5-2
SO ₃	%	4-5

3.1.6.Pit

Bu çalışmada Kahramanmaraş Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Laboratuvarından almış olduğumuz pit kullanılmış olup kullanılan pit'e ait bazı karakteristik özellikler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.7.).

Çizelge 3.7. Kullanılan Pit'e Ait Bazı Karakteristik Özellikler.

Parametre	Birim	Spesifik degerler
Derinlik	cm	0-30
pH	—	7,61
Toplam C	%	11,93
Kül	%	50,36
Organik madde	%	49,64
C	%	1,92
O ve H	%	18,93
Değiştirilebilir Ca-Mg	%	96,7
Değiştirilebilir K	%	0,2
Değiştirilebilir Na	%	0,1

3.1.7. Hidrojen peroksit

Atık suyun rengini açmak bir anlamda ağartmak ve dezenfeksiyon yapmak için hidrojen peroksit kullanılmıştır. Hidrojen peroksit muamelemizde Kahramanmaraş Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği kağıt laboratuvarından %35 konsantrasyonda hidrojen peroksit kullanılmıştır.

3.1.7. Balık BİO Deneyi

Balık BİO deneyi için alabalık üretim tesislerinden alınan yeterli sayıdaki *Salmo trutta abanticus* (göl alası) kullanılmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Balık BİO deneyi için kullanılan alabalıklar.

3.2. Metot

3.2.1. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Arıtılması

Bu çalışmada Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasının atık suyu içerisinde bulunan bazı inorganik maddelerin uzaklaştırılması ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Çizelge 3.8.'de verilen Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Askıda Katı Miktarlarını standart değerlere yaklaştırılmaya çalışılmıştır. Bunun için aşağıdaki belirtilen metotlar uygulanmıştır.

- Ozon (O_3)
- Hidrojen peroksit (H_2O_2)
- Uçucu kül
- Pit

Çizelge 3.8. Selüloz, Kağıt, karton ve Benzeri Sanayi (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan ağartılmamış Selüloz Üretimi) İçin Çevre Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Verilen parametre Değerleri.

Parametre	Birim	Anlık Numune	Kompozit Numune 24 Saatlik
Debi	(m^3/t)	-	150
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (K.O.İ.)	(mg/l)	-	870
Askıda katı Madde (A.K.M.)	(mg/l)	-	80
Çökertilebilir Katı Madde	(mg/l)	4,5	-
Balık Biyodeneyi (Z.S.F.)	-	-	8

3.2.1.1. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Ozon ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot

Bu çalışmada Kahramanmaraş kağıt fabrikasında üretimi yapılan fluting, gri karton, test liner, core board ve bu dört üretimin karışımı atık sularından alınan 200 ml atık su numunelerine 1 °C de, 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ve 5 atmosfer basınçta ozon ile muamelesi uygulanmış olup (Şekil 3.2.-3.), koşullar aşağıdaki Çizelge 3.9.'da verilmiştir. Uygulama sonunda KOİ, AKM, Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} ve Cu^{+2} miktarlarına bakılmış olup değişim ve azalma oranları bulgular kısmında ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 3.9. Ozon arıtma koşulları.

Örnek	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O_3 (atm)
1	Fluting	200	1	15, 30 ve 45	5
2	Gri karton	200	1	15, 30 ve 45	5
3	Test liner	200	1	15, 30 ve 45	5
4	Core board	200	1	15, 30 ve 45	5
5	Karışım	200	1	15, 30 ve 45	5



Şekil 3.2. Ozon Reaktörü



Şekil 3.3. Ozon uygulaması

3.2.1.2. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Hidrojen Peroksit ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot

Kahramanmaraş kağıt fabrikası üretim çeşitleri; fluting, gri karton, test liner, core board ve karışım atık su numunelerinden yeterli miktarlarda alınmış ve 200 ml numune kaplarına atık su konularak üzerine % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit ilave edilmiş olup numune kaplarının ağızları kapatılarak 25 °C'de 5 saat süreyle 141 devir/dakika çalkalamalı su banyosunda bekletilmiştir. Hidrojen peroksit uygulama koşulları Çizelge 3.10.'da verilmiştir. Uygulama sonunda AKM, Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} ve Cu^{+2} miktarlarına bakılmış olup değişim ve azalma oranları bulgular kısmında ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 3.10. Hidrojen peroksit uygulama koşulları

Örnek	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ mik.(%)
1	Fluting	200	25	300	1, 2 ve 3
2	Gri Karton	200	25	300	1, 2 ve 3
3	Test liner	200	25	300	1, 2 ve 3
4	Core Board	200	25	300	1, 2 ve 3
5	Karışım	200	25	300	1, 2 ve 3

3.2.1.3. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık Sularının Uçucu Kül ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot

Uçucu kül uygulaması Kahramanmaraş kağıt fabrikasından alınan uçucu kül ilk önce 100 mesh'lik elekte elenmiş, elek altına dökülen uçucu kül kullanılmıştır. Uygulama oda sıcaklığında (25 °C'de) ve yine fabrikadan alınan fluting, gri karton ve test liner üretim atık su örnekleri üzerinde yapılmıştır(Şekil 3.4.). Alınan atık su numuneleri numune kaplarına 500 ml konularak üzerine 15 gr uçucu kül eklenmiş, manyetik karıştırıcı ile 15, 20 ve 25 dakika sürelerde bir manyetik balık yardımıyla karıştırılmıştır. pH'ı düşürmek için 1gr pac (polialüminyum klorür) katılmış, cam çubuk ile tekrar karıştırılarak homojen olması sağlanmıştır. Son olarak atık suyun rengini daha fazla açmak için 1,5 gr hypo eklenip yine homojen olması için cam çubukla karıştırılarak deney sona erdirilmiştir. Uygulama sonunda KOİ, AKM, Na⁺, Fe²⁺, Ca²⁺, K²⁺, Zn²⁺, Mg²⁺, Cu²⁺ ve Pb²⁺ miktarlarına bakılmış olup değişim ve azalma oranları bulgular kısmında ayrı ayrı verilmiştir. Uçucu kül ile ilgili uygulama koşulları aşağıda Çizelge 3.11.'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Uçucu kül uygulama koşulları

Örnek	Üretim	Numune mik.(ml)	Bekleme Süresi (dk)	Kül mik.(gr)	PAC mik.(gr)	Hypo mik.(gr)
1	Fluting	500	15, 20 ve 25	15,00	1,00	1,50
2	Gri karton	500	15, 20 ve 25	15,00	1,00	1,50
3	Test Liner	500	15, 20 ve 25	15,00	1,00	1,50



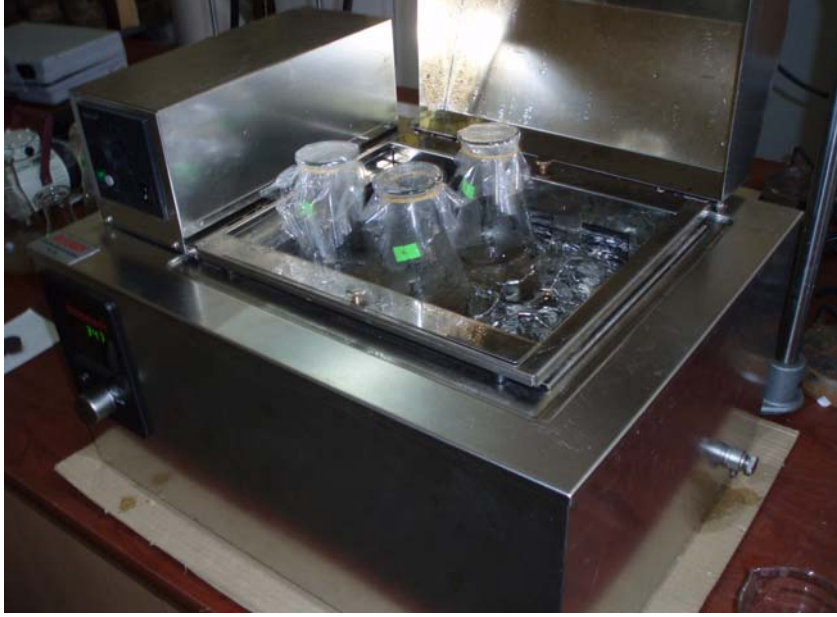
Şekil 3.4. Uçucu kül deneyi

3.2.1.4. Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Atık sularının Pit ile Arıtılması ve Ağartılmasında Uygulanan Metot

Pit ile yapılan atık su arıtımında, ilk önce pit (gavur gölü toprağı) 100 mesh'lik elekten geçirilerek elenme işlemi yapılarak daha sonra 105 °C'de değişmez ağırlığa kadar kurutulmuştur. Her bir üretim çeşitlerinden eşit oranlarda atık su karışımı yapılmıştır. Atık su karışımından 250 ml. Alınan atık su numunelerine 1,5 gram pit eklenmiştir. 25, 35 ve 45 °C sıcaklıklarda ve 140 devir/dakika çalkalamalı su banyosunda Şekil 3.5.'de görüldüğü gibi 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerle bekletilmiştir. Uygulama sonunda Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} , ve Cu^{+2} miktarlarına bakılmış olup değişim ve azalma oranları bulgular kısmında ayrı ayrı verilmiştir. Pit ile ilgili uygulama koşulları aşağıda Çizelge 3.12.'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Pit uygulama koşulları

Örnek	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Peat mik.(gr)
1	Karışım	250	25, 35 ve 45	15, 30, 60, 90, 120 ve 150	2,50



Şekil 3.5. Çalkalamalı su banyosu

3.2.2. Atık Su Numunelerinin Alımı

Deneyler için kullanılacak atık su deşarj edilecek ortama verilmeden önceki bölgelerden her saat başı birer litre (24 saat), her bir üretim çeşidinden su numuneleri alınarak Kahramanmaraş Üniversitesi laboratuvarında hemen yapılacak analizler için 5,0 °C’de daha sonraki analizler için daha düşük sıcaklıklarda muhafaza edilmiştir. Deneylerden önce fabrikadan çevreye deşarj edilen atık suyun analizi yapılarak giderimi amaçlanan bazı inorganik maddeler (Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} , Cu^{+2} ve Pb^{+2}), Askıda katı madde miktarı ve Kimyasal oksijen ihtiyacı miktarları ölçülmüş olup deneyler sonucunda elde edilen verilerle karşılaştırmaları yapılmıştır.

3.2.3. İnorganik Madde Miktarlarının Ölçülmesi

Kahramanmaraş kağıt fabrikasından alına atık su örnekleri inorganik madde miktarları belirlenmesinde Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında bulunan atomik adsorpsiyon cihazından yararlanılmıştır. Ölçülecek inorganik maddeler için ilk önce her bir inorganik madde için standart numuneler hazırlanarak bunların atomik adsorpsiyon cihazında değerleri okutulmuştur. Daha sonra deneyden önceki ve deney sonrası numuneler atomik adsorpsiyon cihazında değerleri okutulmuştur. İnorganik madde miktarının hesaplanmasında aşağıda belirtilen formülden yararlanılmıştır. Çizelge 3.13.’de magnezyum miktarının hesaplanmasında ortalama ve standart değerler verilerek aşağıda verilen formül 3.1. ve 3.2. yardımıyla magnezyum miktarı hesaplanmıştır.

Çizelge 3.13. İnorganik madde miktarının hesaplanması

Satandart Numuneler	Okuma		Ortalama	Sapma
ppm	Okuma 1	Okuma 2	(Okuma 1+Okuma2) / 2	ppm/Okuma ort.
1	0,59	0,58	0,585	1,709
2	1,097	1,123	1,11	1,801
4	1,703	1,87	1,786	2,239

$$\text{Faktör} = a / b \quad \text{buradan} \quad \text{Faktör} = 5,749 / 3 = 1,916 \text{ çıkar} \quad (3.1.)$$

$$\text{Mg Miktarı} = c * d \quad \text{Mg miktarı} = 2,201 * 1,916 = 4,2 \text{ mg / lt olarak bulunur.} \quad (3.2.)$$

- a: sapma değerler toplamı
b: standart numune sayısı
c: atomik adsorpsiyon cihazında okunan değer
d: faktör

3.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacını Ölçülmesi

Sülfirik asit, potasyum dikromat ve Katalizör olarak gümüş sülfat ihtiva eden hazır kit'ler kullanılmıştır. Aşağıda belirtilen yol izlenerek (Metot 8000; 0-15000) oluşan rengin şiddeti 605 nm'de Dr. Lange Spektrofotometresi kullanarak kalorimetrik olarak ölçümler yapılmıştır. Ölçümler 0-15000 mg/l KOİ aralığında yapıp okunan değer 10 ile çarpılmıştır (Lange, 1994).

Analizin Yapılışı;

- 500 ml atık su numunesini 2 dakika sürede bir blenderda karıştırılarak homojenleştirmesi yapılmıştır.
- Termoreaktör açılarak sıcaklığı 150 ° C'ye getirilmiştir.
- KOİ kitini kapağı açılarak, kiti 45 derecelik açı ile tutarak bir pipet yardımıyla kitin içerisine 2 ml atık su numunesinden ve şahit için musluk suyu aktarılmıştır.
- KOİ kitinin kapağı sıkıca kapatıldı ve kitin dış tarafı deiyonize su ile temizlenip temiz bir kağıt havlu ile kurulanmıştır.
- Kitin kapağından iyice çalkalanıp daha önceden ısıttığımız KOİ reaktörüne yerleştirilmiştir.
- Isıtıcı reaktörde numuneler 2 saat 150 °C'de bekletilmiştir.
- 2 saat sonunda termoreaktör kapatıp kuvvetlerin 120 °C'ye kadar soğuması için 20 dk. beklenilmiştir.

- Hala ılık olan numune kitleri tekrar ters düz yapılarak bir küvet tutucuya yerleştirilip oda sıcaklığına kadar beklenilmiştir.
- Spektrofotometreye KOİ program kodu girilmiştir.
- İlk olarak şahit için alınan musluk suyu konulan kit ile sıfırlama yapılmış olup daha sonra atık su konulan kitler konularak ölçümler yapılmıştır.

3.2.5. Askıda katı madde miktarının ölçülmesi

Askıda katı madde miktarın ölçülmesinde de Dr. Lange Spektrofotometresinden yararlanılmıştır. Aşağıda belirtilen yol takip edilmiştir.

- Spektrofotometreye askıda katı madde kayıtlı program kodu girilerek,
- 500 ml atık sunumunesi 2 dk. sürede yüksek hızda karıştırılarak homojen olması sağlanmıştır.
- Bir numune hücresine 25 ml şahit için musluk suyu konulmuş olup,
- Şahit ile spektrofotometrede sıfırlama yapılmıştır.
- Atık su numunesinden numune hücresi içerisine 25 ml konulmuştur.
- Numune içerisindeki hava kabarcıklarını gidermek ve maddelerin askıda kalması için numune hücresi kapak aşağı gelecek bir şekilde iki-ük kez çevrilmiştir.
- Hazırlanan numune hücre tutucu içerisine konularak askıda katı madde miktarı ölçümü yapılmıştır.

3.2.6. Balık BİO Deneyi Yapılışı

Balığa dokunulduğunda kendi canlılığından ileri gelen herhangi bir hareketlilik izlenmiyorsa balık ölü olarak tanımanır. Değerlendirmede, atık sudaki maddelerin seyreltme suyu ile belirli oranlarda seyreltğinde 48 saatlik süre içinde canlı kalıp kalmadığı esas alınır. Atık su muhtevası, balığın yüzgeçlerine yapışarak solunum epitellerinin şişmesine ve parçalanmasına neden olarak balıklara zarar verir. Ayrıca yüzgeçlerle alınan zararlı maddeler deriye veya sindirim sistemlerine geçerek zehirlenmelere neden olurlar.

Toksik etki atık suyunu seyreltme suyu ile seyreltiği hacimle orantılı olarak saptanabilir. Buna göre tüm balıkların canlı kalabildiği en küçük seyreltme değeri esas alınarak, atık suyun balıklara toksik etkisi zehililik seyreltme (ZSF) ile ifade edilir. ZSF faktörü kullanılan birim atık su hacmine göre bağıl seyreltme suyu hacimlerinin toplamıdır. Tüm balıkların ölmediği seyreltmenin en küçük değerine ZSF adı verilir. Seyreltme faktörü; Kaç hacim atık suyun kaç hacim seyreltme suyu ile seyreltildiğini ifade eder. Örneğin seyreltme faktörü (ZSF) = 5 denildiği zaman, 1 hacim atık su + 4 Hacim seyreltme suyu kullanıldığında balıkların ölmediği, 1 hacim atık su + 3 hacim seyreltme suyu kullanıldığında ise balıkların öldüğü anlaşılmalıdır (Şengül ve Türkman, 1991).

1 hacim atık su + 7 hacim seyreltme suyu hazırlanarak pH 7.0 $\pm$ 0.2 ayarlanmıştır. Hazırlanan suyun içerisine 5 adet balık konmuş ve test boyunca yem verilmemiş, sıcaklık 20 $\pm$ 1 °C ve çözünmüş oksijen havalandırma ile sağlanmış 48 saat bekleme yapılmıştır.

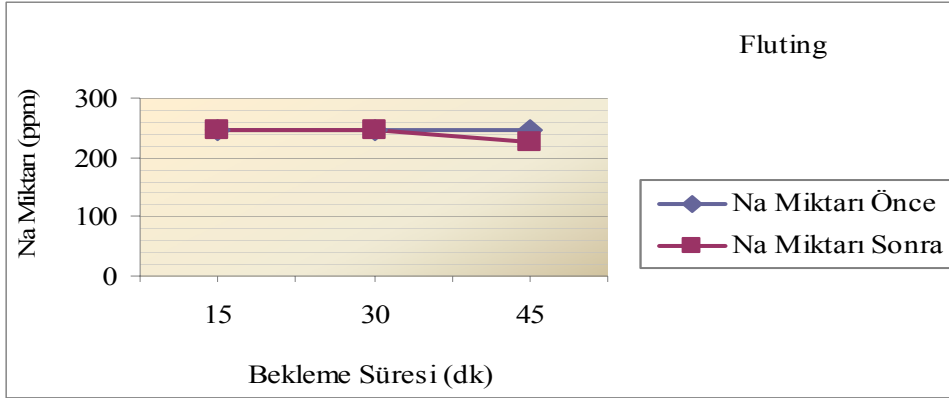
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapmış olduğumuz bu çalışmada, Kahramanmaraş kağıt fabrikasından alınan taze ve atık sular incelenmiş olup atık suyun arıtılması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Çalışmamızda ilk önce alınan atık sudaki bazı inorganik madde (Na^{+1} , Fe^{+2} , Ca^{+2} , K^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} , Cu^{+2} ve Pb^{+2}) miktarları, kimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda katı madde miktarı ölçülmüş ve bunları azaltmak için; ozon, hidrojen peroksit, uçucu kül ve pit uygulamaları yapılmış ve elde edilen değerler sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

4.1.Ozon uygulaması

Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve bu dört üretimin karışımı atık sulardan alınan 200 ml atık su numunelerine 1 °C de, 15, 30 ve 45 dakika sürelerde tutularak 5 atmosfer basınçta ozon ile muamelesi uygulanmış olup elde edilen inorganik madde miktarları, kimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda katı madde miktarlarına bakılmış, Çizelge 4.1-9.'da ve Şekil 4.1-45.'deki bulgular elde edilmiş, uygulamadan önceki miktarları ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

Şekil 4.1. ve Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi fluting atık suyuna yapılan ozon uygulamasında 15 ve 30 dakika süresinde herhangi bir değişim olmamış 45 dakika süre sonunda %8 oranında sodyum miktarında bir azalma tesbit edilmiştir. Bu miktar Çevre ve Orman Bakanlığı Su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen sodyum miktarından fazla olmakta, ancak bunun Çizelge 4.1.'e bakıldığında %30'u kuyusuyundan kaynaklandığı görülmektedir.



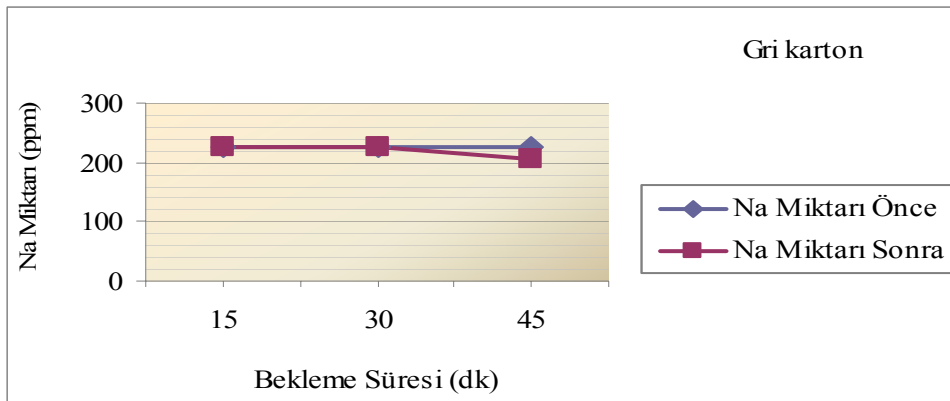
Şekil 4.1. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (1 °C'de ve 5 atm).

Çizelge 4.1. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C'de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında sodyum (Na) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki sodyum (Na) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	Na miktarı önce (ppm)	Na miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	246	246	0.00
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	246	246	0.00
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	246	226	8.13
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	226	226	0.00
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	226	226	0.00
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	226	205	9.29
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	267	226	15.36
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	267	267	0.00
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	267	267	0.00
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	246	226	8.13
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	246	226	8.13
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	246	246	0.00
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	246	226	8.13
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	246	246	0.00
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	246	267	-8.54
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	86	-	-

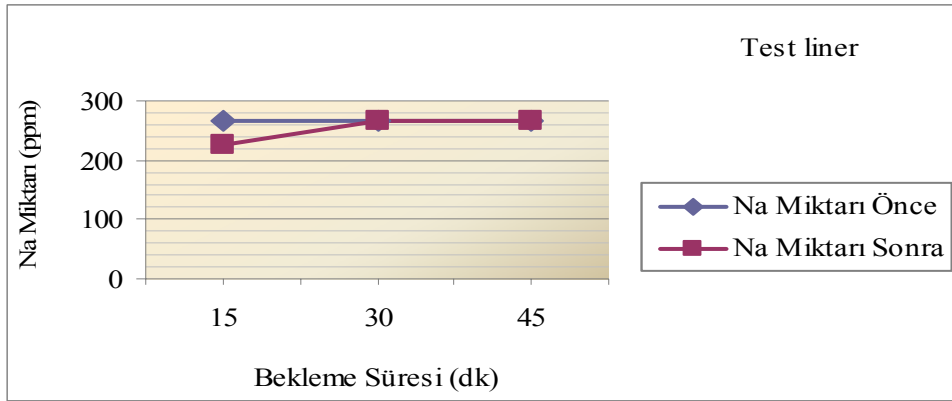
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH

Aşağıda görülen Şekil 4.2.'de gri karton atık suyunda yine 45 dakika süresinde %9.29 oranının bir azalma tesbit edilmiş olup, 15 ve 30 dakika süre sonun da başlangıç miktarında değişim olmamıştır.



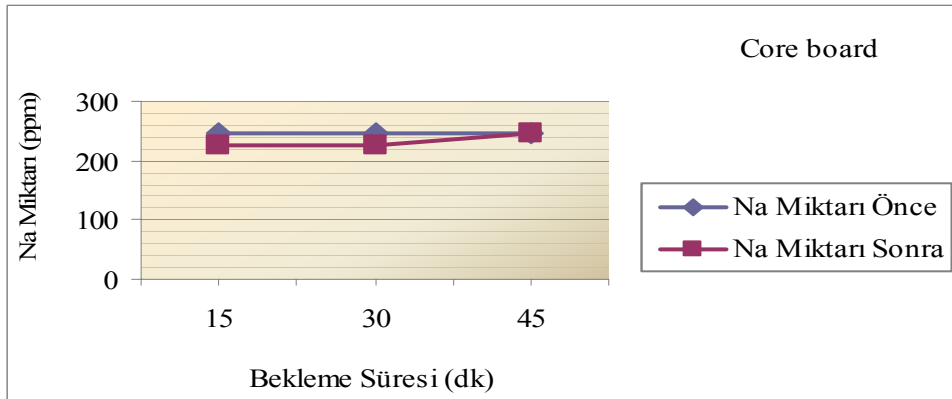
Şekil 4.2. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (1 °C'de ve 5 atm).

Şekil 4.3.'de ve Çizelge 4.1.'de görüldüğü Test liner atık suyunda diğerlerin aksine 15 dakika uygulama sonunda %15, gri karton ve fluting atık suya göre daha fazla bir artış olmuştur. 30 ve 45 dakika süreler herhangi bir azalma olmamıştır.



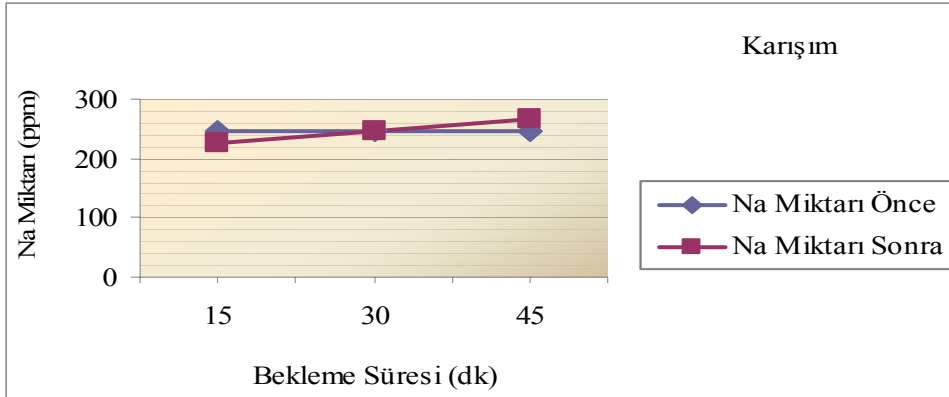
Şekil 4.3. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Core board atık suyuna yapılan ozon uygulamasında (Şekil 4.4.) sodyum miktarında azalma eşit şekilde 25 ve 30 dakika süre sonun gerçekleşmiş, fakat 45 dakika süre sonunda herhangi bir değişim gözlemlenmemiş olup azalma oranı % 8.13 olarak bulunmuştur (Çizelge 4. 1.).



Şekil 4.4. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

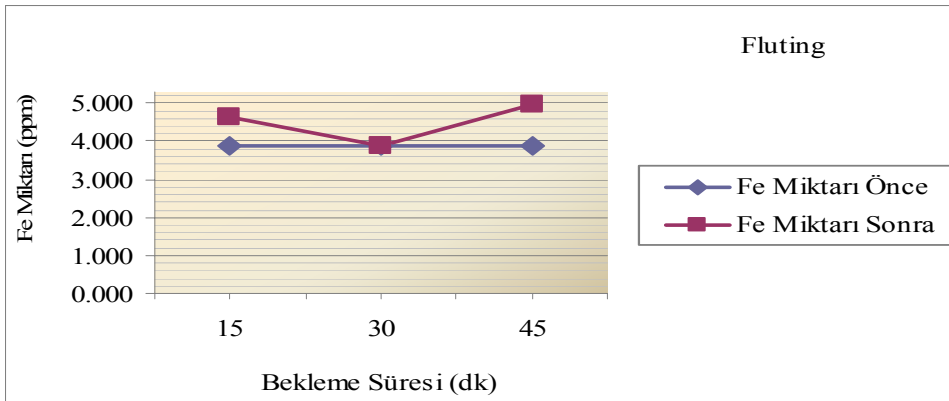
Dört üretimin atık suyuna yapılan ozon uygulamasında 15 dakika süre sonrasında sodyum miktarında %8.13 oranında azalma olmuştur.



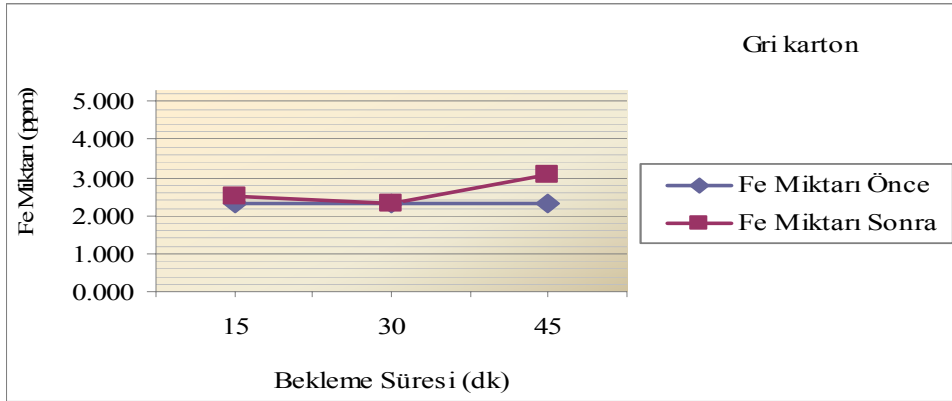
Şekil 4.5. Karışım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Ozon uygulaması sodyum miktarın enfazla test line atık suyunda ölçülmüş yine en fazla azalmada yine test liner’de gerçekleşmi olup fluting ve karışım atık sularında az sağlanmıştır. Çizelge 4.1.’e baktığımızda pH oranında asidik yönde artma olduğu görülmektedir.

Fuluting, gri karton, test liner, core board ve karışım atık sularına yapılan ozon uygulamasında demir (Fe) miktarındaki değişim Şekil 4.6-10. ve Çizelge 4.2.’ye baktığımızda; fuluting atık suyunda 30 dakika bekleme süresinde %0.69 oranında, gri kartonda azalmanın aksine artma olmuş, test liner atık suyunda %48.13 oranında demir miktarında enfazla azalma sağlanmıştır. Core board atık suyunda azalma sağlanmamış, karışım atık suyunda 15 ve 45 dakika sürelerde aynı miktarda fakat 30 dakika süreda daha fazla %26.07 oranında azalma sağlanmıştır. Acemlioğlu kızılçam kabukları ile sulu ortamdan Fe (II) iyonlarının giderilmesini çalışmış ve ortalama %55 ile %66 arasında demir iyonları ortamdan uzaklaştırılmıştır (Acemlioğlu, 2004). Çizelge 4.2.’ye baktımızda kuyu suyun demir miktarı atık suda artmasına neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

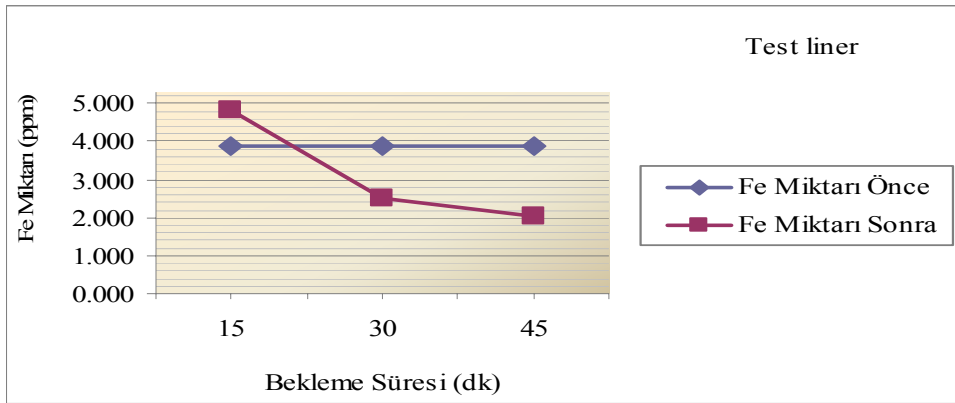


Şekil 4.7. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

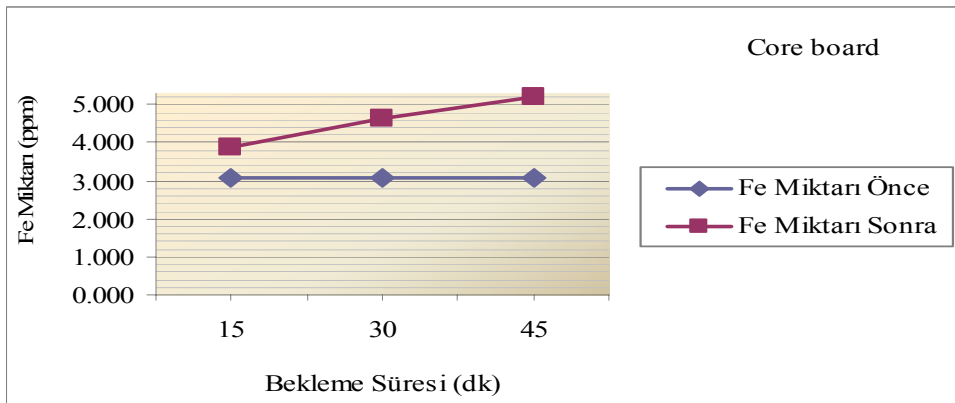
Çizelge 4.2. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C’de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında demir (Fe) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki demir (Fe) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	Fe miktarı önce (ppm)	Fe miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	4	5	-19.15
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	4	4	0.69
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	4	5	-28.21
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	2	3	-8.53
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	2	2	-0.17
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	2	3	-33.59
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	4	5	-24.12
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	4	3	35.47
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	4	2	48.13
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	3	4	-25.06
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	3	5	-50.05
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	3	5	-68.82
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	4	4	17.36
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	4	3	26.07
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	4	4	17.36
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	3	-	-

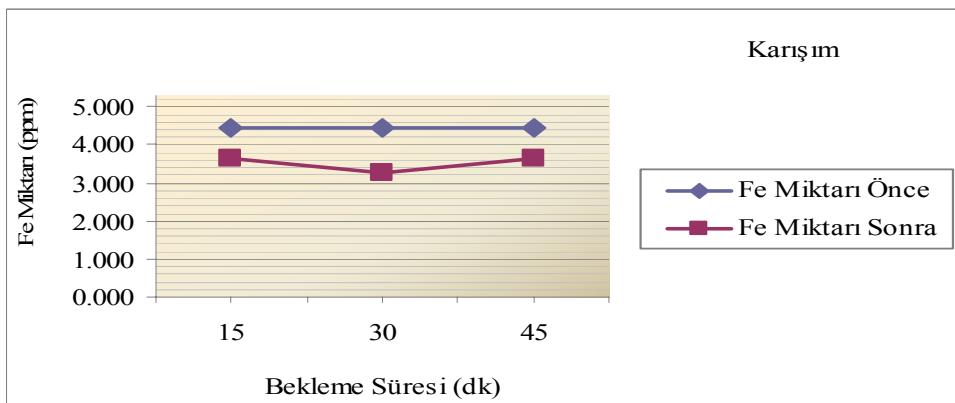
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH



Şekil 4.8. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.9. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



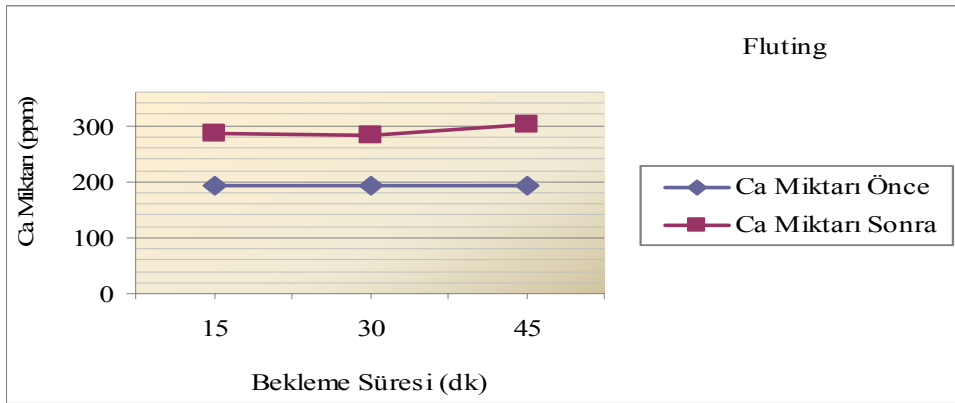
Şekil 4.10. Karışım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Fluting, gri karton, test liner, core board ve karışım atık sularına yapılan ozon uygulamasında kalsiyum (Ca) miktarında aşağıda verilen Çizelge 4.3. ve Şekil 4.11-15.'e baktığımızda; fluting. gri karton ve test liner atık sularında başlangıç miktarından daha fazla olarak arttığı, flutingde sürenin artmasıyla sodyum miktrında artma olduğu, gri kartonda süre artımıyla daha az arttığı, testliner de gri karton atık suyuna benzer normalde arttığı ancak süre artımı ile az bir artma olduğu gözlemlenmiş, core board ve karışım atık suyunda kalsiyum miktarında azalma olduğu; karışım atık suyunda 30 dakika bekleme süresi sonrasında %8.86 oranında core board'ta 45 dakika bekleme süresi sonrasında %3.52 oranında azalma olduğu bulunmuştur. Kalsiyum mikatrının azalmasında alınan sonuç Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen satndart değerin çok üstünde gerçekleşmiştir.

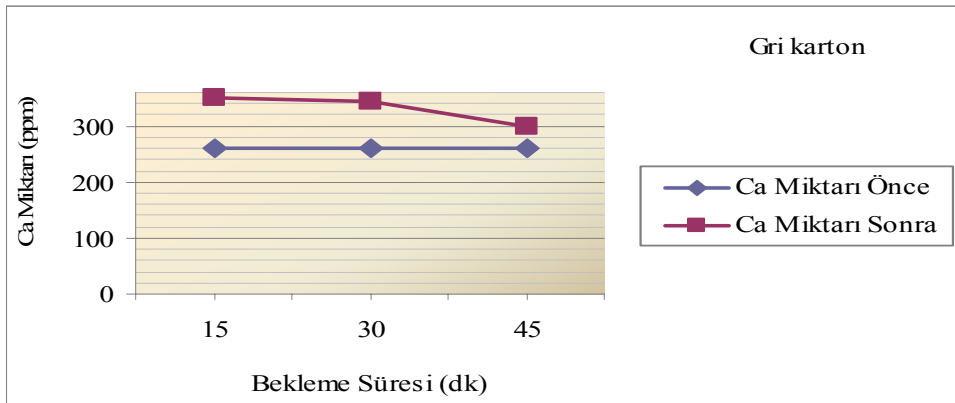
Çizelge 4.3. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C'de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında calsiyum (Ca) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki calsiyum (Ca) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik. (ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	Ca miktarı önce (ppm)	Ca miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	192	287	-49.48
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	192	284	-47.92
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	192	303	-57.81
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	259	351	-32.52
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	259	345	-33.20
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	259	300	-15.83
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	299	330	-10.37
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	299	302	-1.00
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	299	308	-3.01
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	256	323	-26.17
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	256	253	1.17
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	256	247	3.52
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	316	305	3.48
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	316	288	8.86
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	316	313	0.95
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	56	-	-

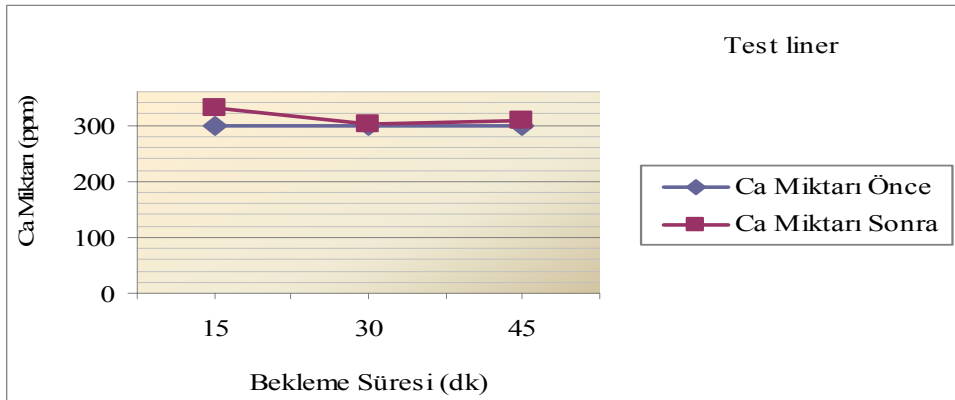
pH* : Ozon uygulamsı sonrası pH



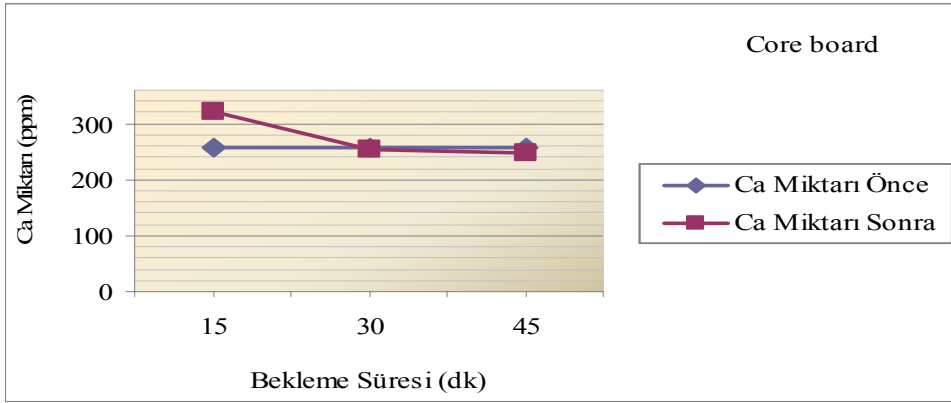
Şekil 4.11. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



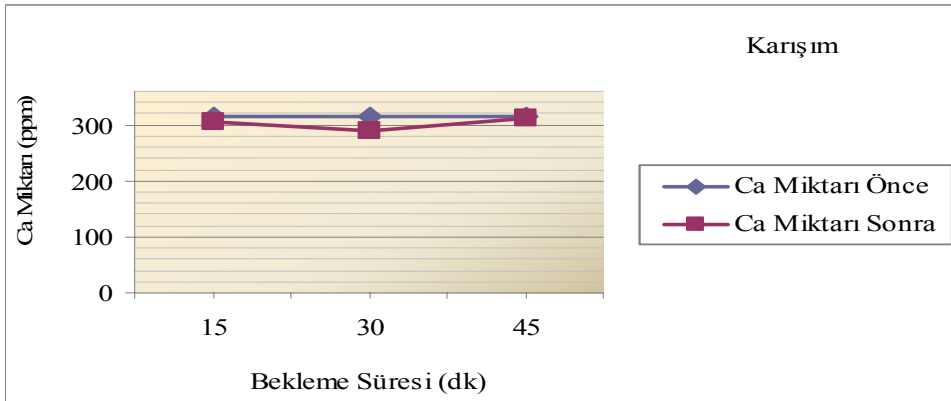
Şekil 4.12. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm.).



Şekil 4.13. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.14. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



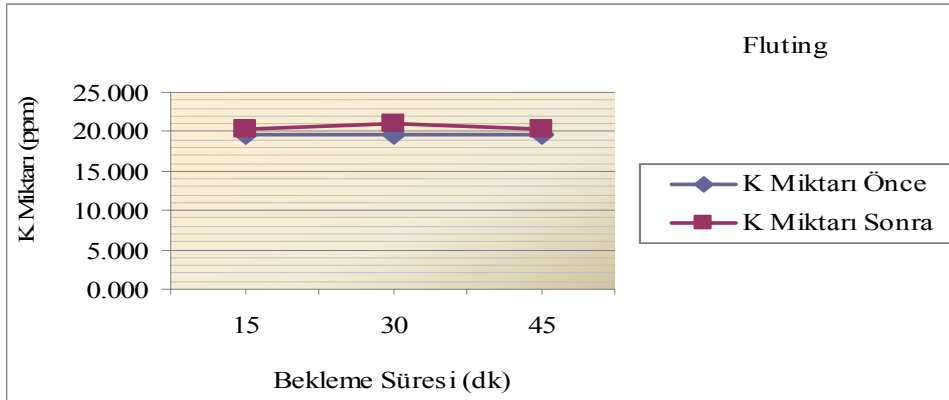
Şekil 4.15. Karişım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Fulutin, gri karton, test liner, core board ve karişım atık sularına yapılan ozon uygulamasında Potasyum (K) miktarındaki değişim aşağıda verilen Çizelge 4.4. ve Şekil 4.16.–20.’ye baktığımızda; fuluting atık suyunda azalma olmadığı, gri karton atık suyunda başlangıçta 22.017 ppm olan miktarın en fazla 30 dakika sonunda 21.394 ppm’e düştüğü, test liner atık suyunda 20.780 ppm olan potasyum miktarının 15 dakika ozon uygulaması sonucunda 20.057 ppm’e düştüğü, core board atık suyunda azalma oranının daha fazla olduğu başlangıç miktarı 19.790 ppm olan miktarın 17.650’ye kadar düştüğü gözlemlenmiş, son olarak karişım atık suyunda ise 30 dakika ozon uygulaması sonucunda 20.780 ppm miktarının 19.225 ppm düştüğü görülmüştür. Bu sonuç potasyum miktarının Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen standart değer üzerinde gerçekleşmiştir.

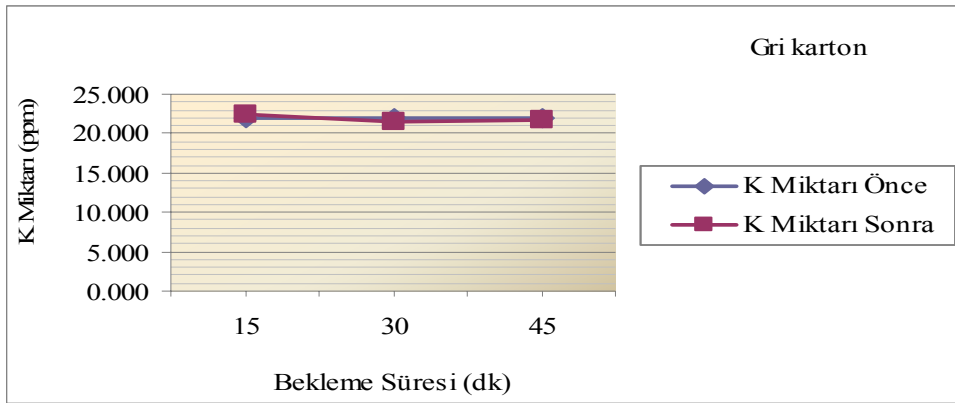
Çizelge 4.4. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C’de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında potasyum (K) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki calsiyum (K) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	K miktarı önce (ppm)	K miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	20	20	-4.00
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	20	21	-8.11
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	20	20	-4.00
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	22	22	-2.03
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	22	21	2.83
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	22	22	1.62
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	21	20	3.48
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	21	21	-2.95
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	21	21	-2.95
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	20	17	12.16
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	20	19	2.70
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	20	18	10.81
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	21	20	4.77
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	21	19	7.34
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	21	21	-0.38
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	6	-	-

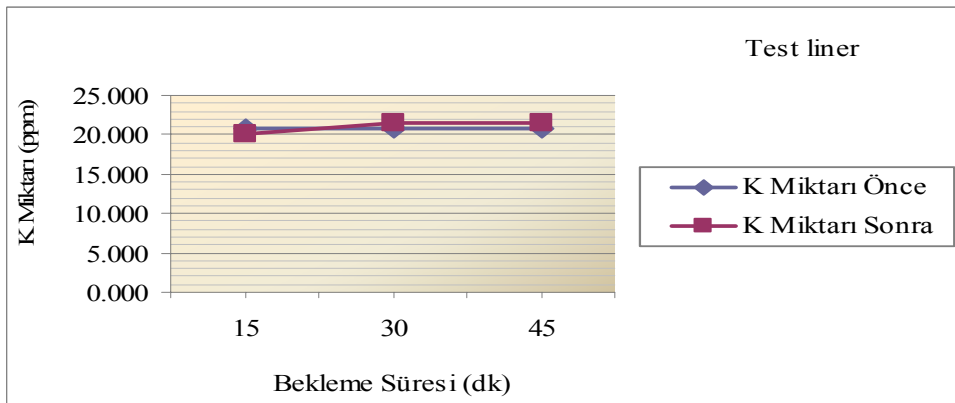
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH



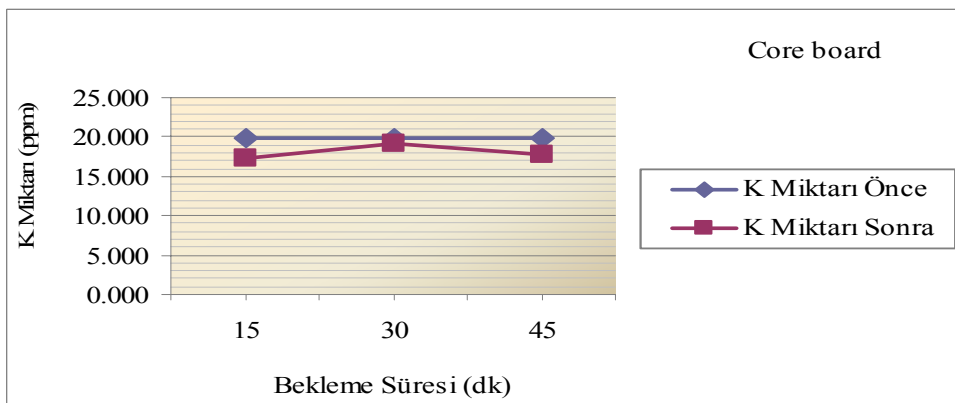
Şekil 4.16. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



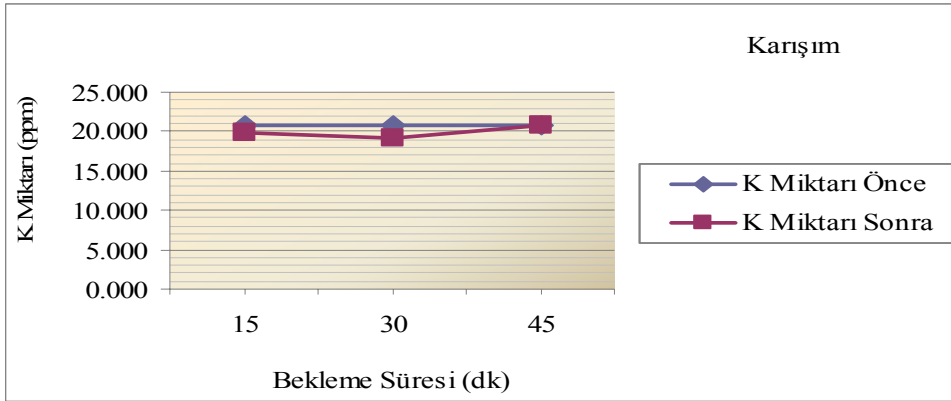
Şekil 4.17. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.18. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

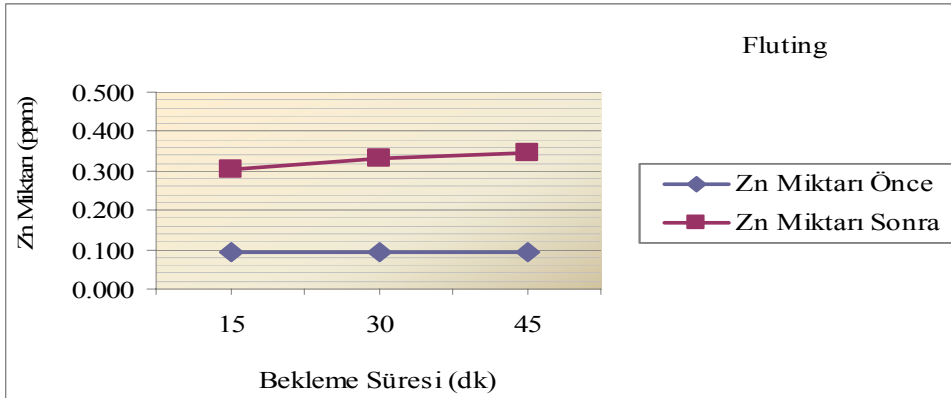


Şekil 4.19. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

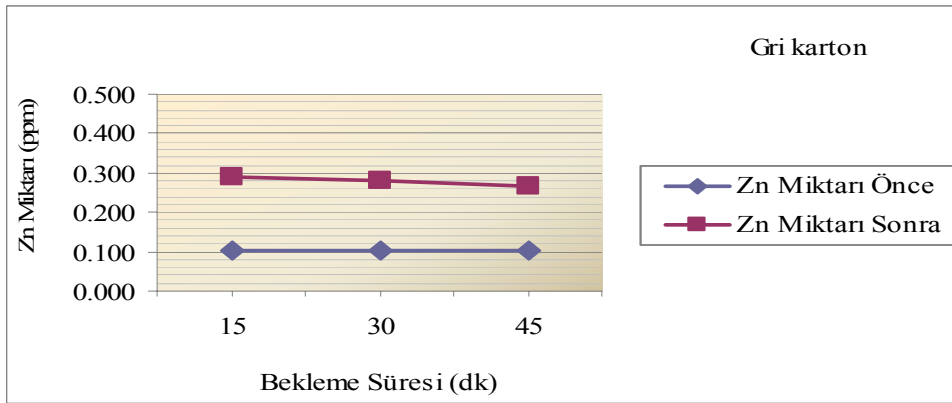


Şekil 4.20. Karışım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Fulutin, gri karton, test liner, core board ve karışım atık sularına yapılan ozon uygulamasında çinko (Zn) miktarındaki değişim aşağıda verilen Şekil 4.21-25. ve Çizelge 4.5.’e baktığımızda; fuluting ve core board atık suyunda azalma olmadığı, sürenin artmasıyla çinko miktarının arttığı, gri kartonda 15 dakikada çinko miktarının fazla arttığı 30 ve 45 dakika bekleme süresinde 15 dakika süre artımına göre artımda biraz azalma olduğu, test liner ve karışım atık sularında ise test linerde 0.338 ppm olan çinko miktarının 0.169 ppm’lere kadar düşerek %50 oranda bir azalma olduğu, karışım atık suyunda 0.300 ppm olan miktarın 0.216 ppm’lere kadar düştüğü görülmüştür. Kurniawan ve arkadaşları aktif karbonda ağır metallerin giderimi üzerine yaptıkları araştırmada Zn (II)’de 20 mg/g olarak bulmuşlar (Kurniawan ve ark. 2006). Ozon uygulaması test liner atık suyunda daha iyi sonuç vermektedir.



Şekil 4.21. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile çinko(Zn) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

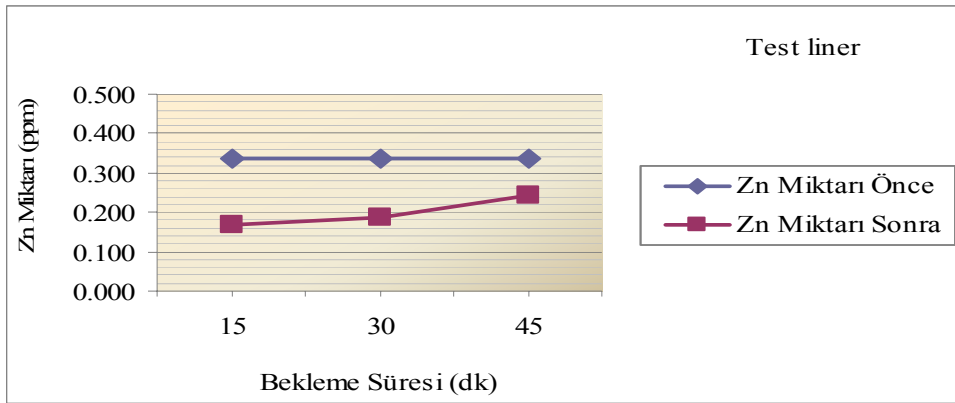


Şekil 4.22. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

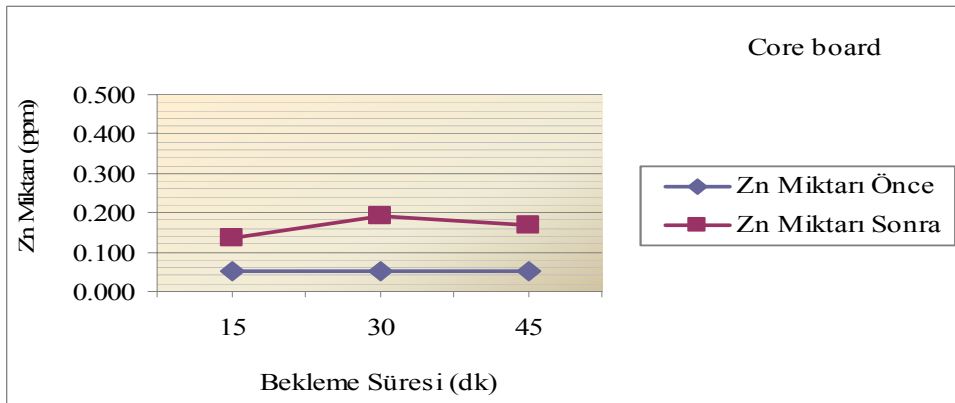
Çizelge 4.5. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C’de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında çinko (Zn) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki calsiyum (Zn) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	Zn miktarı önce (ppm)	Zn miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	0	0	-227.96
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	0	0	-259.14
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	0	0	-273.12
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	0	0	-188.12
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	0	0	-176.24
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	0	0	-163.37
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	0	0	50.00
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	0	0	44.97
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	0	0	27.51
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	0	0	-170.00
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	0	0	-280.00
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	0	0	-238.00
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	0	0	11.33
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	0	0	16.67
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	0	0	28.00
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	0	-	-

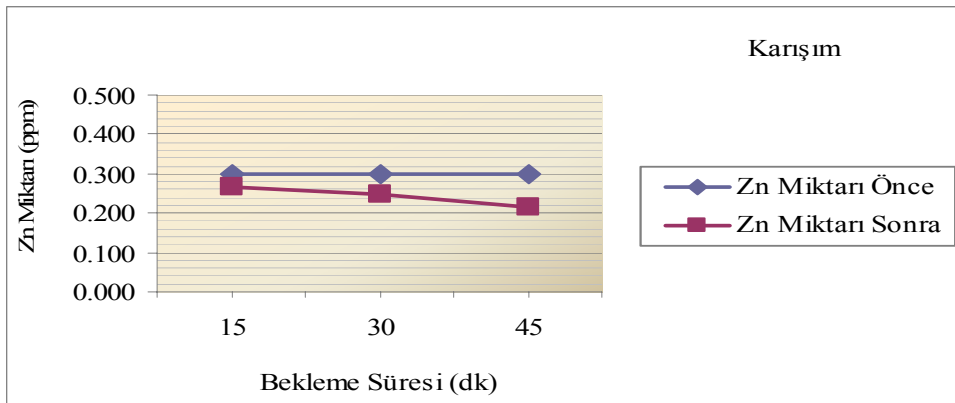
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH



Şekil 4.23. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.24. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



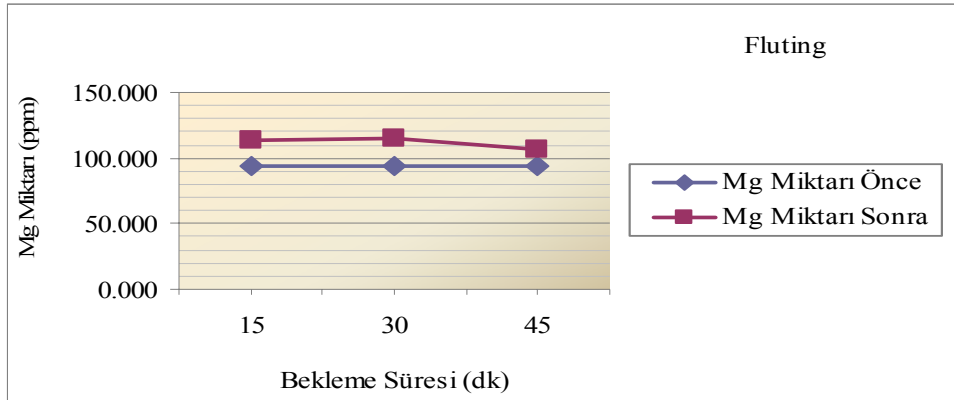
Şekil 4.25. Karışım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Fulutin, gri karton, test liner, core board ve karışım atık sularına yapılan ozon uygulamasında magnezyum (Mg) miktarındaki değişim aşağıda verilen Şekil 4.26-30. ve Çizelge 4.6.'ya baktığımızda; yalnızca test liner atık suyunda %3.90 oranda bir azalma gözlenmiş, diğerlerinde artma olduğu görülmüştür. Yine burada kuyusuyunda bulunan magnezyum miktarının Çizelge 4.6.'da etkisi büyüktür. Eğer kuyusuyunda magnezyum miktarı düşük olsaydı atık suyun içerisindeki magnezyum miktarında Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmelğinde verilen değerin altında olacaktı.

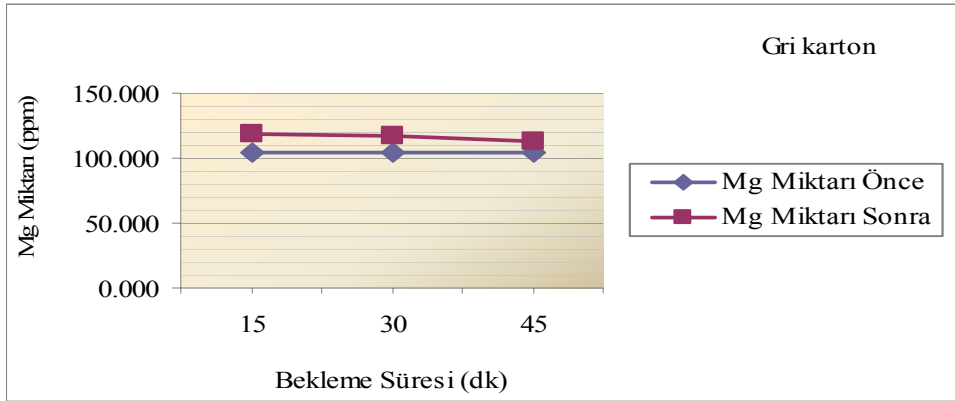
Çizelge 4.6. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C'de 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında magnezyum (Mg) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki magnezyum (Mg) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	Mg miktarı önce (ppm)	Mg miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	94	113	-20.00
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	94	115	-22.50
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	94	107	-13.55
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	105	119	-13.45
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	105	118	-11.97
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	105	113	-7.62
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	119	135	-14.03
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	119	116	2.53
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	119	114	3.90
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	91	121	-32.13
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	91	113	-23.45
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	91	126	-38.66
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	114	122	-7.06
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	114	119	-4.78
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	114	127	-11.84
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	58	-	-

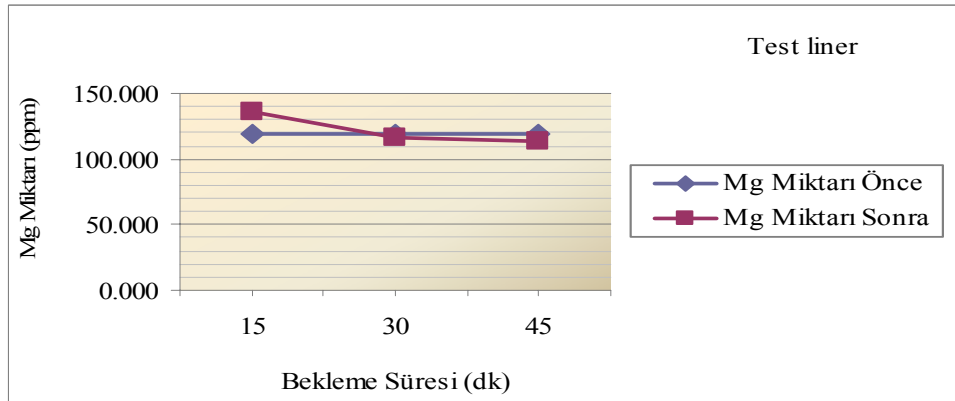
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH



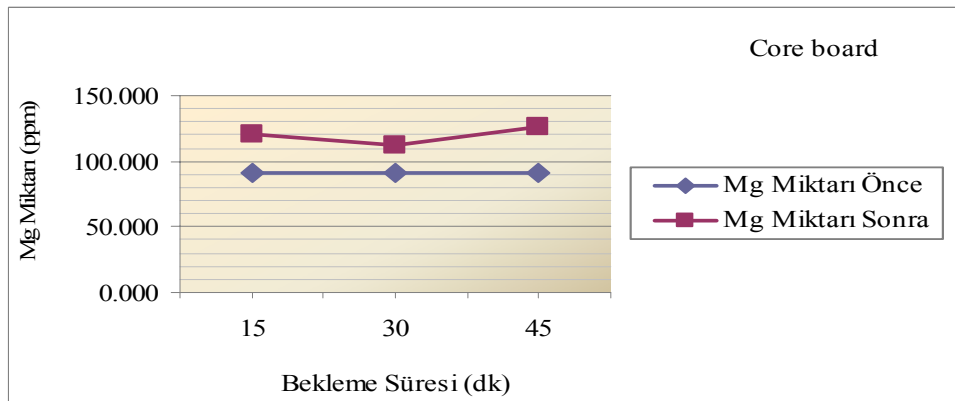
Şekil 4.26. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (1 °C'de ve 5 atm).



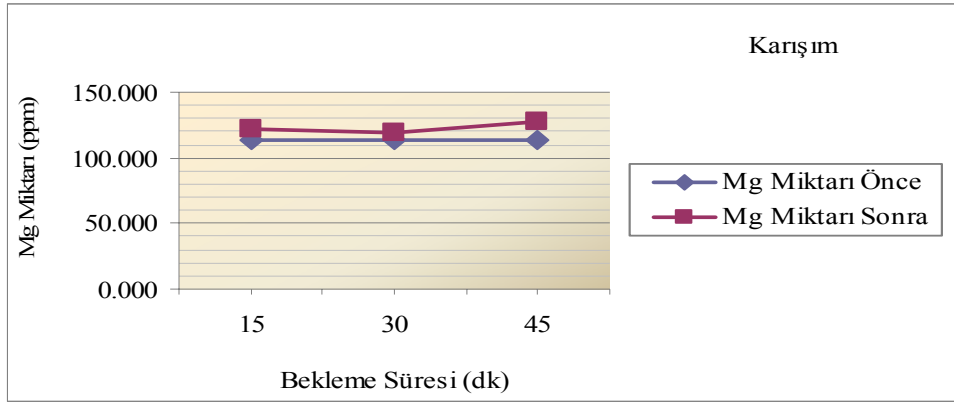
Şekil 4.27. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.28. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

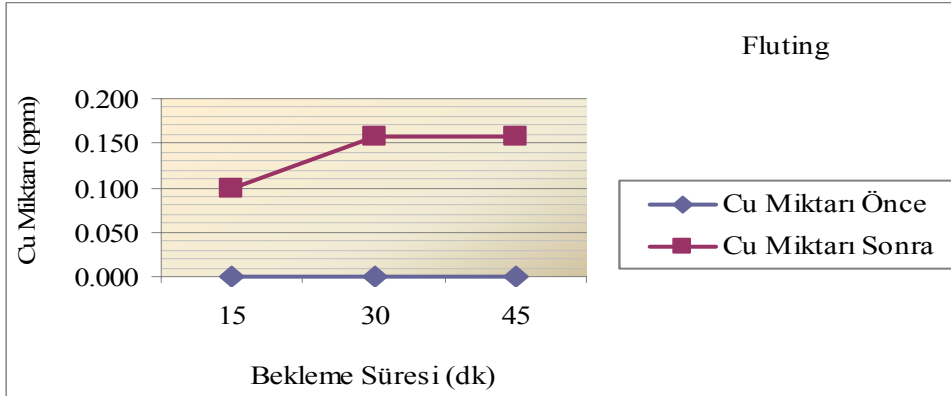


Şekil 4.29. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

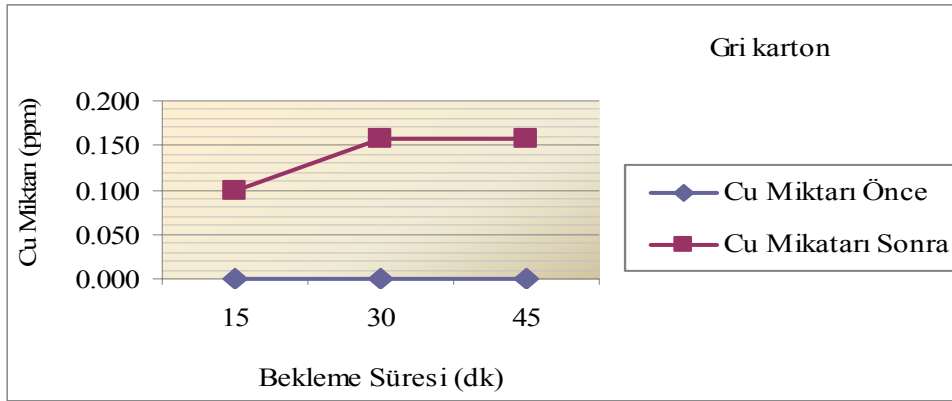


Şekil 4.30. Karışım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Fulutin, gri karton, test liner, core board ve karışım atık sularına yapılan ozon uygulamasında bakır (Cu) miktarındaki değişim aşağıda verilen Şekil 4.31-35. ve Çizelge 4.7.’ye baktığımızda; fluting ve gri karton atık suyunda ozon uygulama öncesi miktar 0.00 ppm uygulama sonrası flutingde 0.157 ppm, gri kartonda 0.078 ppm’e kadar çıkmış olup bunu bileşik halinde bulunan bakırın uygulama sonrası bağlarını kopararak serbest hale geldiği şeklinde yorumlaya biliriz. Core board atık suyundada yine fluting ve gri kartona benzer sonuçlar elde edilmiştir. Test liner ve karışım atık sularında uygulama sonrası test liner atık suyunda %44.63 karışım atık suyunda %43.07 oranında azalma sağlanmıştır. Ozon Uygulamasında bakır miktarı Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından verilen standart değer in üzerinde gelmiş ancak kuyu suyunda bulunan bakır miktarına baktığımızda bu değer 0.039 ppm olduğu görülmektedir.



Şekil 4.31. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

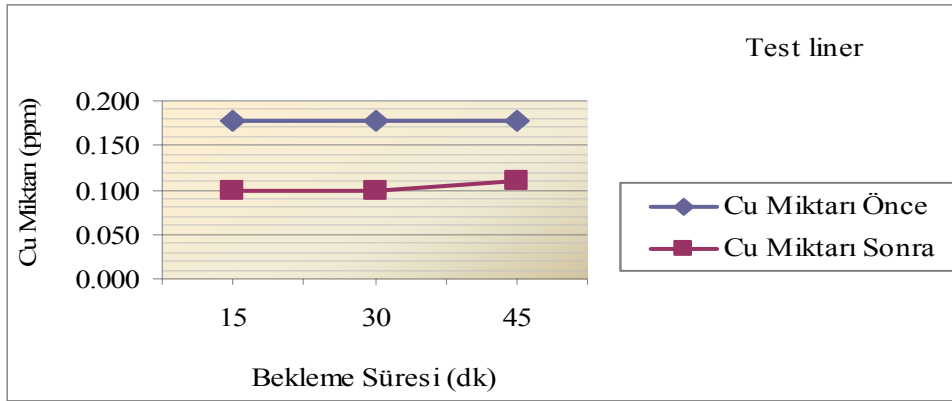


Şekil 4.32. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

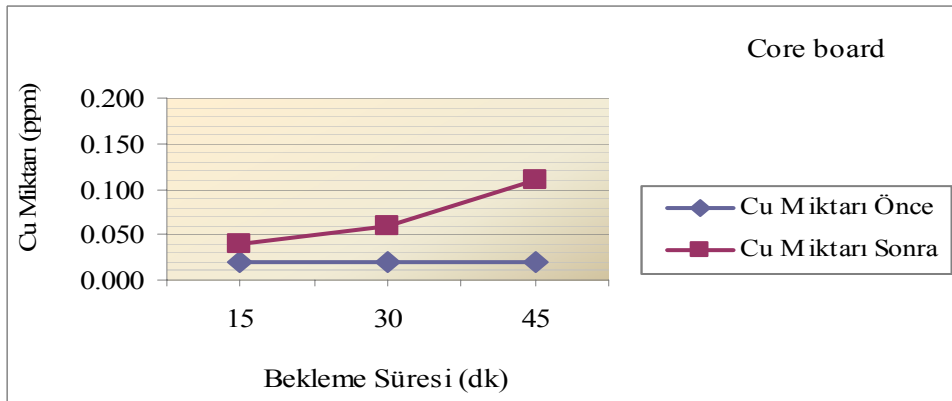
Çizelge 4.7. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C’de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında bakır (Cu) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki bakır (Cu) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik. (ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	Cu miktarı önce (ppm)	Cu miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	0.000	0.098	-
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	0.000	0.157	-
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	0.000	0.157	-
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	0.000	0.039	-
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	0.000	0.059	-
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	0.000	0.078	-
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	0.177	0.098	44.63
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	0.177	0.098	44.63
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	0.177	0.110	37.85
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	0.020	0.039	80.50
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	0.020	0.059	70.50
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	0.020	0.110	45.00
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	0.137	0.137	0.00
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	0.137	0.137	0.00
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	0.137	0.078	43.07
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	0.039	-	-

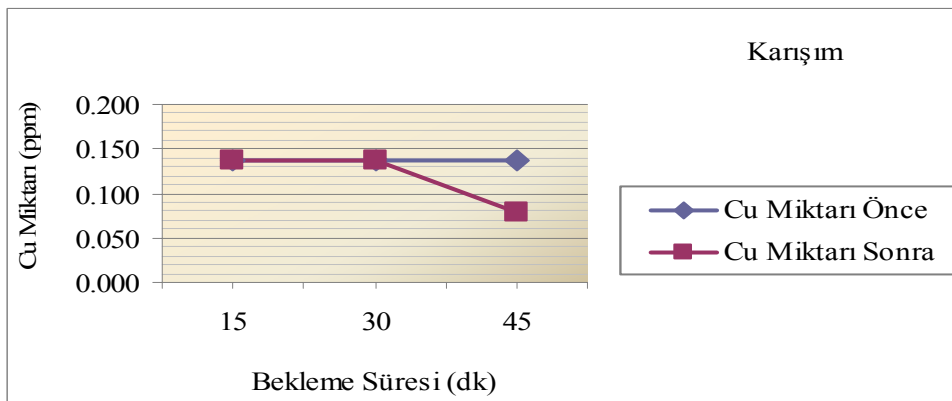
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH



Şekil 4.33. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.34. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



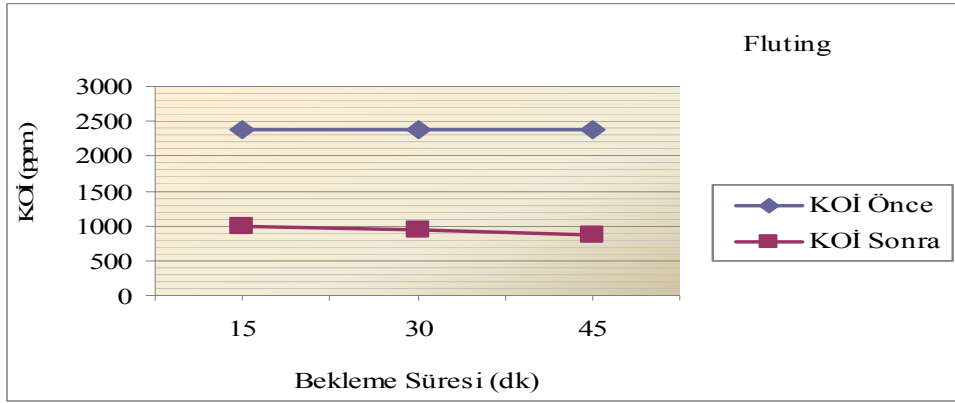
Şekil 4.35. Karışım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Aşağıda verilen Çizelge 4.8. ve Şekil 4.36.-40.'ta görüldüğü gibi ozon uygulaması sonucunda fluting atık suyunda kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 2390 mg/l'den 880 mg/l' kadar düşmüş, gri kartonda 2030 mg/l'den 780 mg/l'ye, test liner atık suyunda 2780 mg/l'den 1250 mg/l'ye, core board atık suyunda 2340 mg/l'den 900 mg/l'ye, dört üretiminin karışım atık suyunda ise 2640 mg/l den 700 mg/l'ye kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Sürenin artmasıyla her bir üretim atık suyunda ve bunların karışım atık suyunda kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarında azalma olmuştur. Bu değer Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yönetmeliğin de verilen standart değerlere yaklaştığı görülmektedir. Sopajaree ve Koottatep kağıt endüstrisi atık sularında anaerobik yüksek akıllı filtre kullanarak yapmış oldukları çalışmada Saa Paper arıtılmış atık suyunun ilk kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonunun 3000 mg/l olarak ölçmüş, atılmış atık suyun sırası ile 2, 2.4, 3, 4 ve 9 kg KOİ/m³ miktarını arıtdıktan sonra %67.59. %65.61. %65.47. %49.60. ve %47.49 oranlarında kimyasal oksijen ihtiyacı giderimini gerçekleştirerek, ozon uygulamasına yakın azalma oranları elde etmişlerdir (Anonim c. 2007).

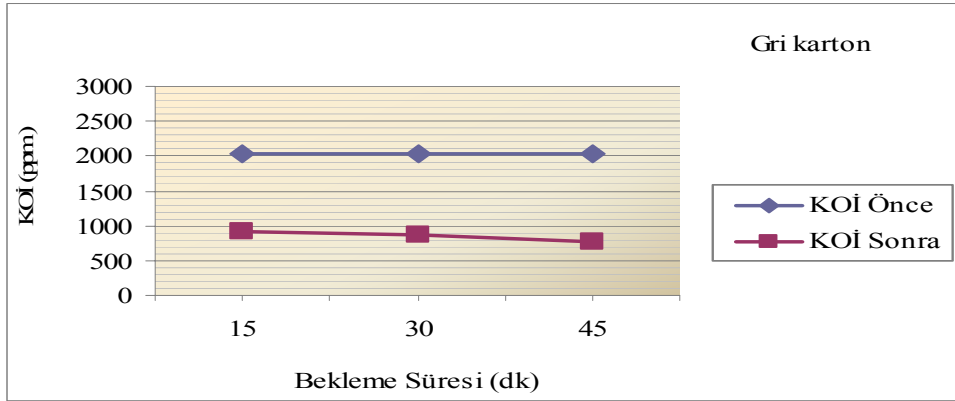
Çizelge 4.8. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C'de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarı ve değişim oranı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	KOİ miktarı önce (ppm)	KOİ miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	2390	980	59.00
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	2390	940	60.07
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	2390	880	63.18
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	2030	920	54.68
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	2030	860	57.64
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	2030	780	61.58
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	2780	1450	47.84
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	2780	1380	50.36
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	2780	1250	55.04
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	2340	1060	54.70
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	2340	990	57.69
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	2340	900	61.54
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	2640	1200	54.55
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	2640	1080	59.09
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	2640	700	73.48

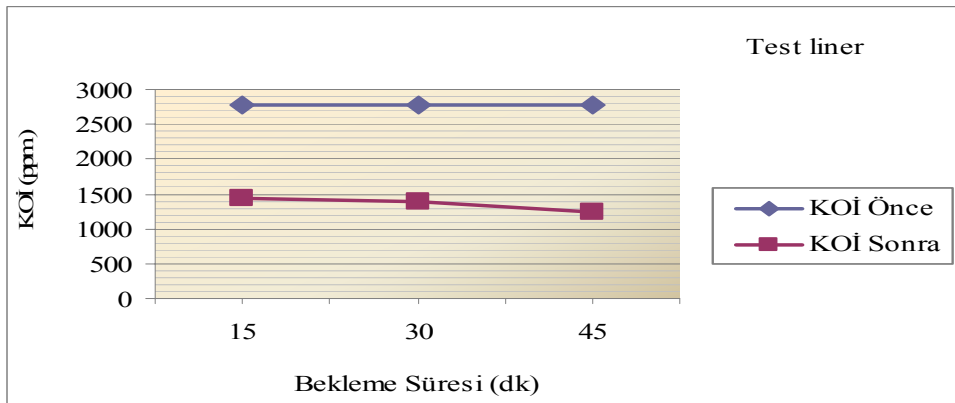
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH



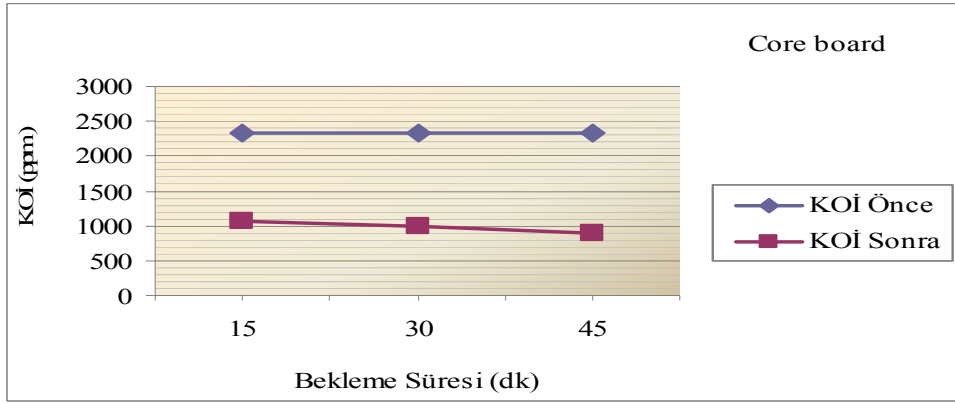
Şekil 4.36. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



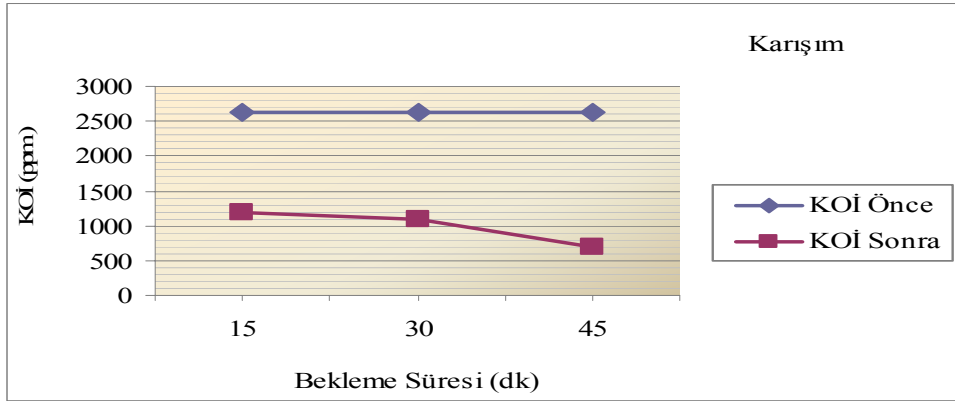
Şekil 4.37. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.38. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.39. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



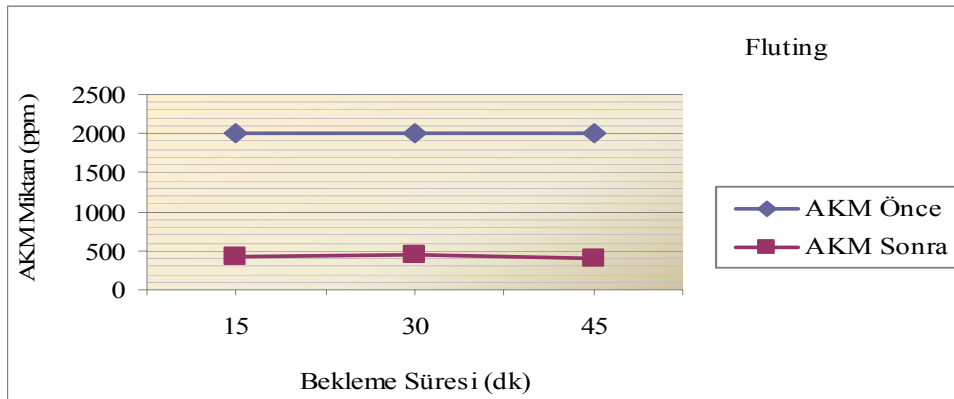
Şekil 4.40. Karışım board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

Ozon uygulaması sonrası askıda katı madde (AKM) miktarları Çizelge 4.9. ve Şekil 4.41.-45.'e baktığımızda en fazla azalma oranları; flutigde en az 398 mg/l azalma oranı %63.18, gri kartonda en az 297 mg/l azalma oranı %61.58, test linerde en az 578 mg/l azalma oranı %55.04, core board'ta 494 mg/l azalma oranı %61.54 ve karışım atık suyunda en az 439 mg/l azalma oranı %73.48 olarak bulunmuş. Sürenin artmasıyla askıda katı madde (AKM) miktarı azalma oranının arttığı görülmüştür. Fakat bu Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmelğinde verilen değerin üzerindedir.

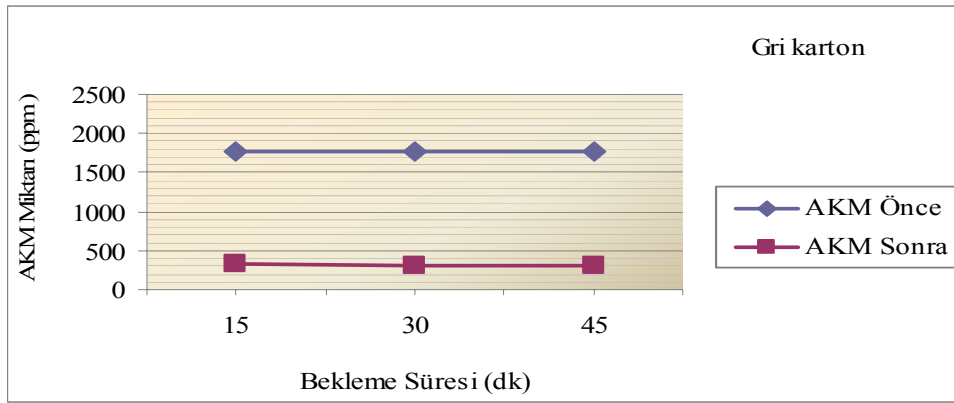
Çizelge 4.9. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 1 °C'de, 5 atmosfer basınçta 15, 30 ve 45 dakika sürelerde ozon uygulaması öncesi ve sonrasında askıda katı madde (AKM) miktarı ve değişim oranı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme süresi (dk)	O ₃ (atm)	pH*	AKM miktarı önce (ppm)	AKM miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	1	15	5	5.90	1994	420	78.94
2	Fluting	200	6.80	1	30	5	5.27	1994	450	77.43
3	Fluting	200	6.80	1	45	5	5.13	1994	398	80.04
4	Gri karton	200	6.68	1	15	5	5.70	1760	325	81.53
5	Gri karton	200	6.68	1	30	5	5.09	1760	300	82.20
6	Gri karton	200	6.68	1	45	5	4.91	1760	297	81.95
7	Test liner	200	6.71	1	15	5	5.62	2350	628	73.28
8	Test liner	200	6.71	1	30	5	5.17	2350	620	73.62
9	Test liner	200	6.71	1	45	5	5.08	2350	578	75.40
10	Core board	200	6.85	1	15	5	6.02	2170	561	74.15
11	Core board	200	6.85	1	30	5	5.34	2170	522	75.94
12	Core board	200	6.85	1	45	5	5.22	2170	494	77.24
13	Karışım	200	6.76	1	15	5	5.88	2220	524	76.40
14	Karışım	200	6.76	1	30	5	5.30	2220	463	79.14
15	Karışım	200	6.76	1	45	5	5.19	2220	439	80.23

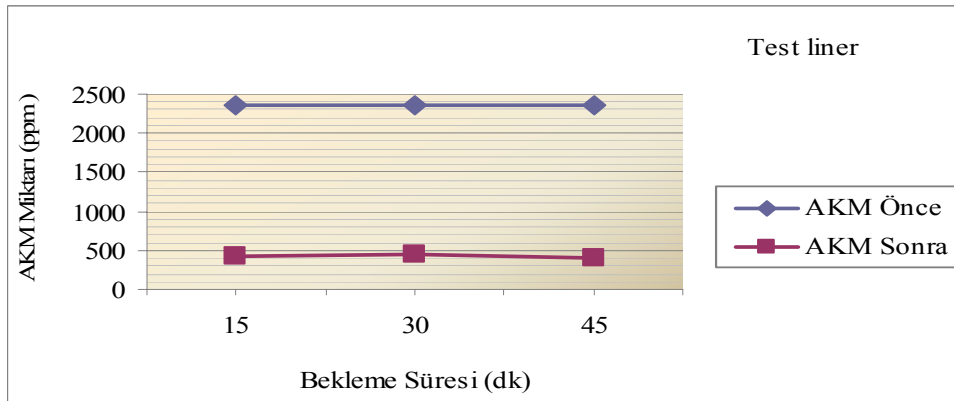
pH* : Ozon uygulaması sonrası pH



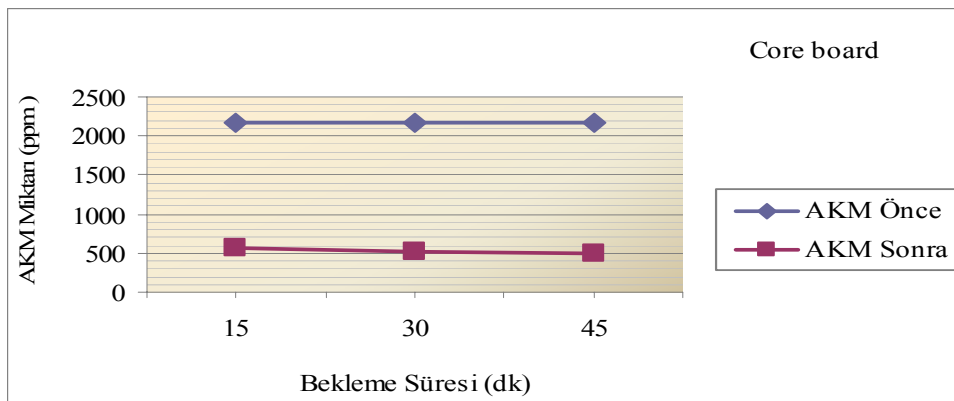
Şekil 4.41. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (1 °C'de ve 5 atm).



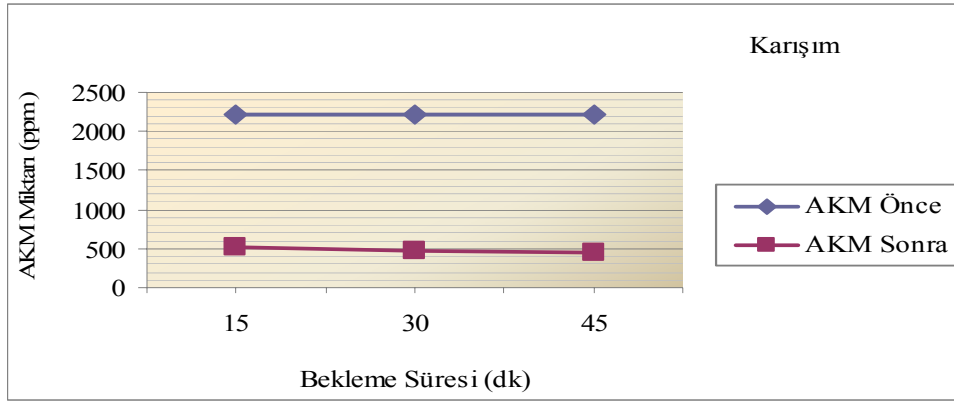
Şekil 4.42. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



Şekil 4.43. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



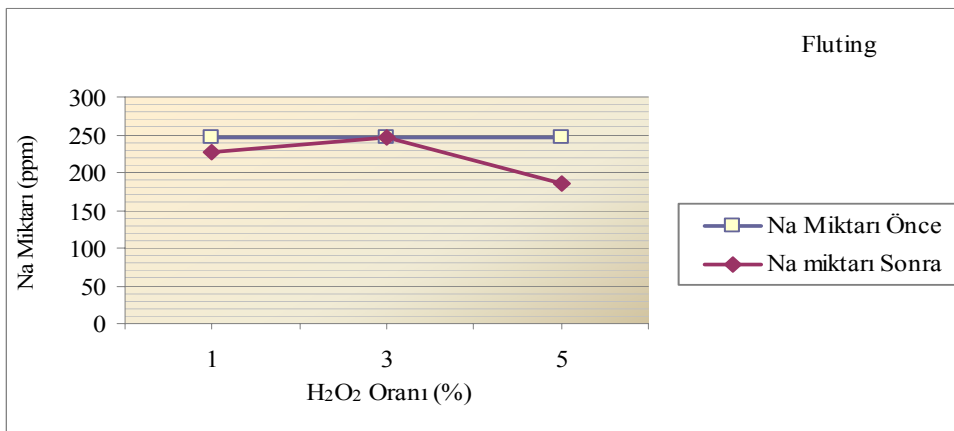
Şekil 4.44. Core board atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).



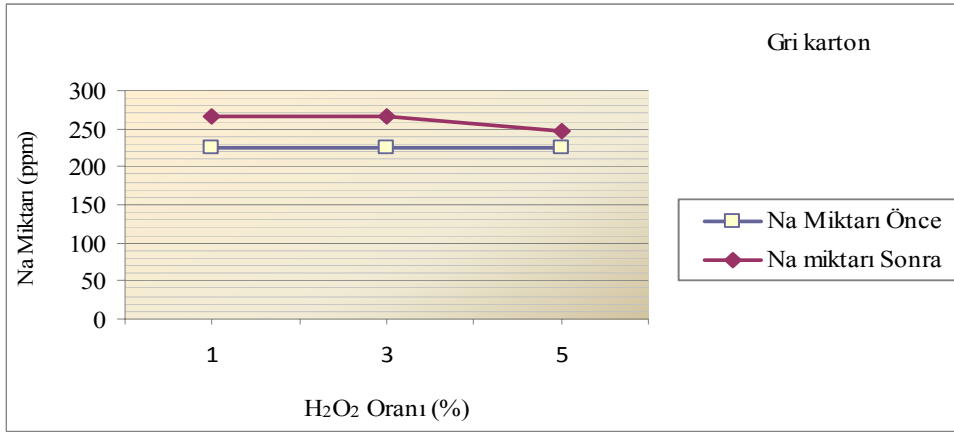
Şekil 4.45. Karışım atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan ozon uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (1 °C’de ve 5 atm).

4.2. Hidrojen Peroksit Uygulaması

Fluting, gri karton, test liner, core board ve bu dört üretimin karışımı olan atık suların alınan 200 ml atık su numunelerine. % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit (H_2O_2) eklenip, 25 °C ve 300 dakika sürede çalkalamalı su banyosunda tutularak hidrojen peroksit uygulaması yapılmış olup elde edilen inorganik madde miktarları ve askıda katı madde miktarına bakılmış. Çizelge 4.10.-17.’de ve Şekil 4.46.-45.’deki bulgular elde edilmiş olup uygulama öncesi miktarları ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Atık sulara uygulanan hidrojen peroksit uygulamasında sodyum (Na) miktarı Şekil 4.46.-50. ve 4.10.’da görüldüğü gibi; fluting atık suyunda sodyum miktarı 246 ppm’den %1 hidrojen peroksit ilavesinde 226 ppm’e, %3 ilave edilince herhangi bir değişim olmamış fakat %5 ilave edilince 5 saat süre sonunda 185 ppm’e düşerek %24.80 oranında azalma olmuştur. Gri karton atık suyunda azalma görülmemiş, test liner atık suyunda %1 ve %3 konsantrasyonlarda %15 oranda bir azalma olmuş, core board atık suyunda %3 konsantrasyonda %8.3 oranında azalma ve karışım atık sularında %1 ve %3 konsantrasyonlarda %8.3 azalma olmuş, %5 konsantrasyonda ise daha fazla bir azalma olma görülerek %16.67 oranında bir azalma sağlanmıştır. Alınan sonuç Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen değerlerin üzerinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.46. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

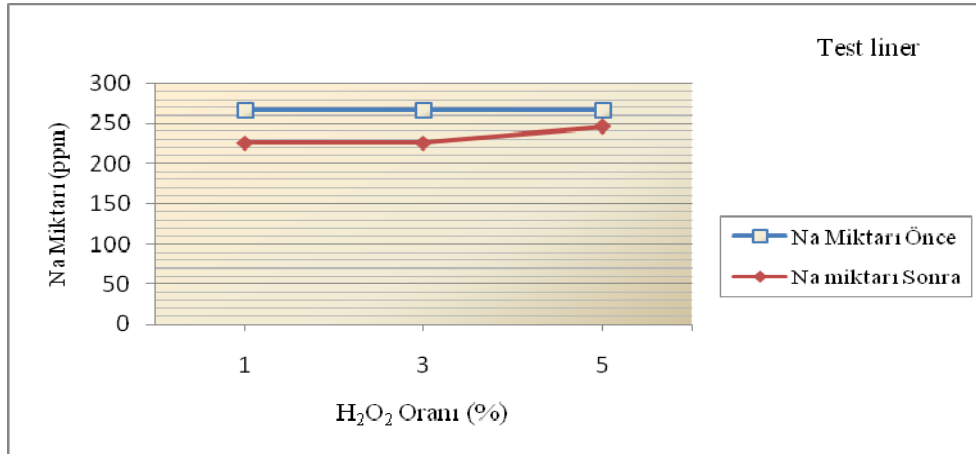


Şekil 4.47. Gri karton atık suyuna hidrojen peroksit(H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

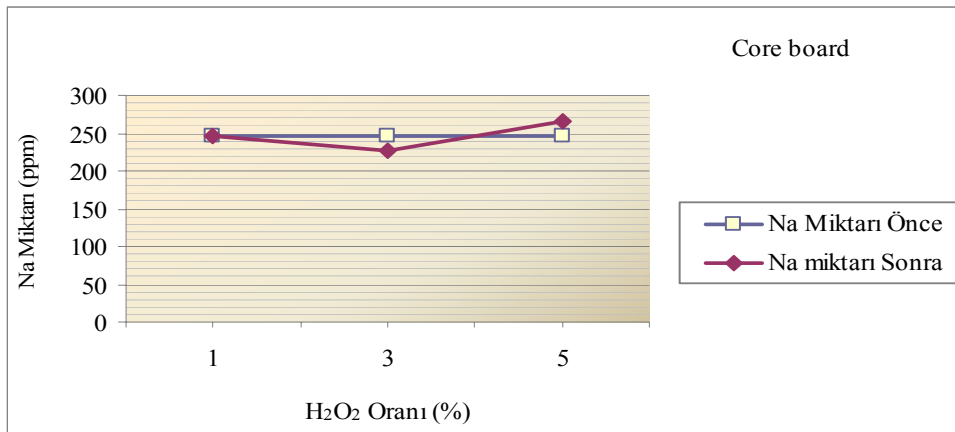
Çizelge 4.10. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °C’de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamılı su banyosunda bekletilmesi. öncesi ve sonrasında sodyum (Na) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki sodyum (Na) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	Na Miktarı önce (ppm)	Na Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	25	300	1	5.90	246	226	8.13
2	Fluting	200	6.80	25	300	3	5.27	246	246	0.00
3	Fluting	200	6.80	25	300	5	5.13	246	185	24.80
4	Gri karton	200	6.68	25	300	1	5.70	226	267	-18.14
5	Gri karton	200	6.68	25	300	3	5.09	226	267	-18.14
6	Gri karton	200	6.68	25	300	5	4.91	226	246	-8.85
7	Test liner	200	6.71	25	300	1	5.62	267	226	15.36
8	Test liner	200	6.71	25	300	3	5.17	267	226	15.36
9	Test liner	200	6.71	25	300	5	5.08	267	246	7.87
10	Core board	200	6.85	25	300	1	6.02	246	246	0.00
11	Core board	200	6.85	25	300	3	5.34	246	226	8.13
12	Core board	200	6.85	25	300	5	5.22	246	267	-8.54
13	Karışım	200	6.76	25	300	1	5.88	246	226	8.13
14	Karışım	200	6.76	25	300	3	5.30	246	226	8.13
15	Karışım	200	6.76	25	300	5	5.19	246	205	16.67
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	86	-	-

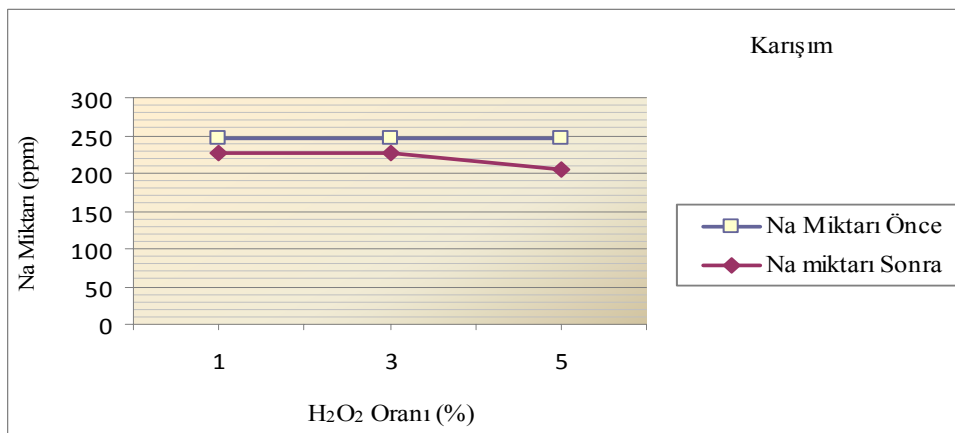
pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.48. Test liner atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.49. Core board atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



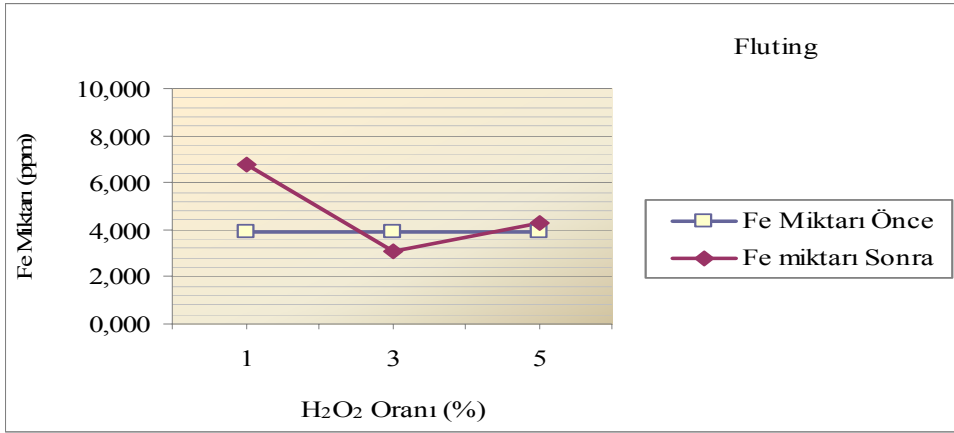
Şekil 4.50. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

Hidrojen peroksit uygulaması sonrası demir (Fe) miktarında değişim Çizelge 4.11. ve Şekil 4.51.-55.'te görülmektedir. Flutin atık suyunda en yüksek %3 konsantrasyonda 3.885 ppm'den 3.085 ppm'e düştüğü, gri kartonda azalmanın aksine artma olduğu, test linerde %1 konsantrasyonda 3.885 ppm'den 2.310 ppm'e düşerek %40.54 oranında azalma olduğu, core board atık suyunda gri karton atık suyuna benzer sonuçlar verdiği, karışım atık suyunda hidrojen peroksit konsantrasyonunun artmasıyla arttığı en çok %5 konsantrasyonda 4.435 ppm'den 2.310 ppm'e düşerek %47.91 oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Jayaweera ve arkadaşları ağır metal sanayi atıklarında demir giderimi üzerine lifli bitkileri kullanarak yapmış oldukları araştırmada sentetik atıklarda %27 mg/l demir giderimini gerçekleştirmişler (Jayaweera ve ark. 2007). Karışım atık suyunda azalma oranı Jayaweera ve arkadaşlarının azalma oranından fazla olmakta ve aynı zaman da Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen standart değer de altında sonuç alınmıştır.

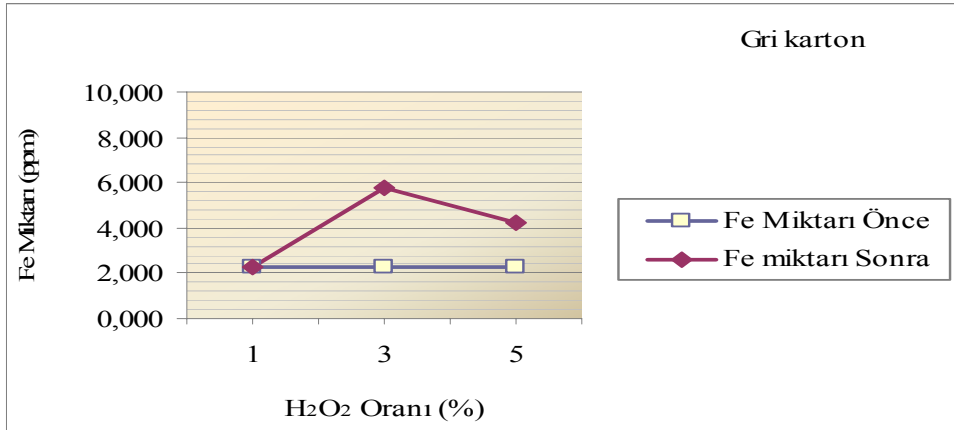
Çizelge 4.11. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °C'de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamalı su banyosunda bekletilmesi, öncesi ve sonrasında demir (Fe) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki demir (Fe) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	Fe Miktarı önce (ppm)	Fe Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	25	300	1	5.90	3.885	6.751	-73.77
2	Fluting	200	6.80	25	300	3	5.27	3.885	3.085	20.59
3	Fluting	200	6.80	25	300	5	5.13	3.885	4.28	-10.17
4	Gri karton	200	6.68	25	300	1	5.70	2.31	2.31	0.00
5	Gri karton	200	6.68	25	300	3	5.09	2.31	5.787	-150.52
6	Gri karton	200	6.68	25	300	5	4.91	2.31	4.243	-83.68
7	Test liner	200	6.71	25	300	1	5.62	3.885	2.31	40.54
8	Test liner	200	6.71	25	300	3	5.17	3.885	5.205	-33.98
9	Test liner	200	6.71	25	300	5	5.08	3.885	4.82	-24.07
10	Core board	200	6.85	25	300	1	6.02	3.085	4.435	-43.76
11	Core board	200	6.85	25	300	3	5.34	3.085	3.855	-24.96
12	Core board	200	6.85	25	300	5	5.22	3.085	5.785	-87.52
13	Karışım	200	6.76	25	300	1	5.88	4.435	3.085	30.44
14	Karışım	200	6.76	25	300	3	5.30	4.435	2.7	39.12
15	Karışım	200	6.76	25	300	5	5.19	4.435	2.31	47.91
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	2.507	-	-

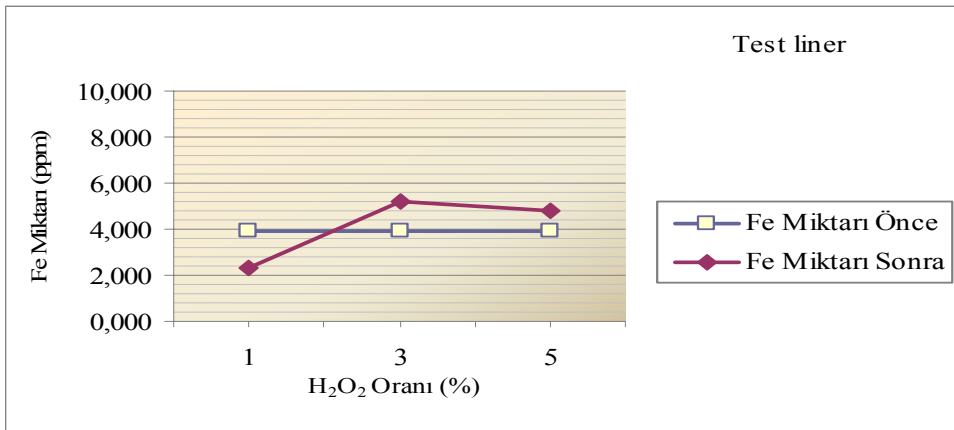
pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH



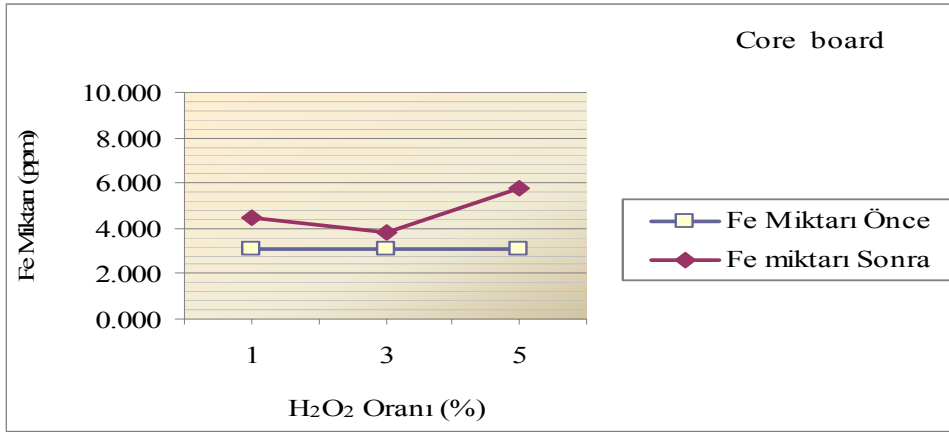
Şekil 4.51. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



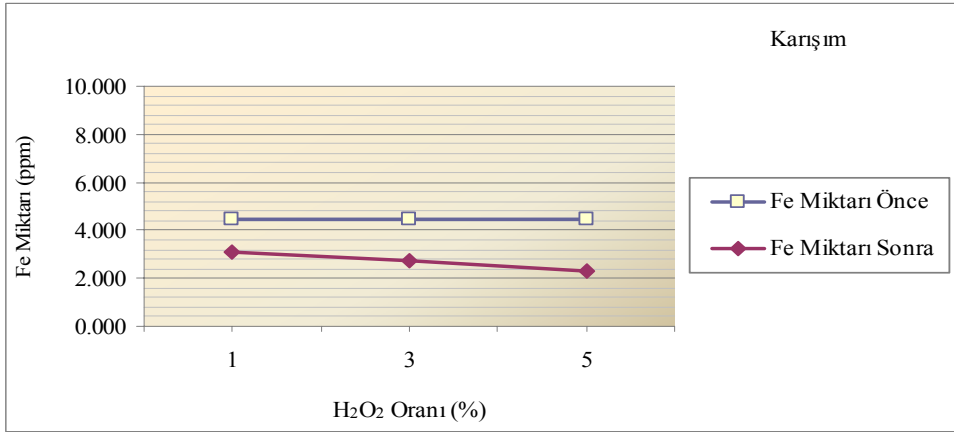
Şekil 4.52. Gri karton atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.53. Test liner atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.54. Core board atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



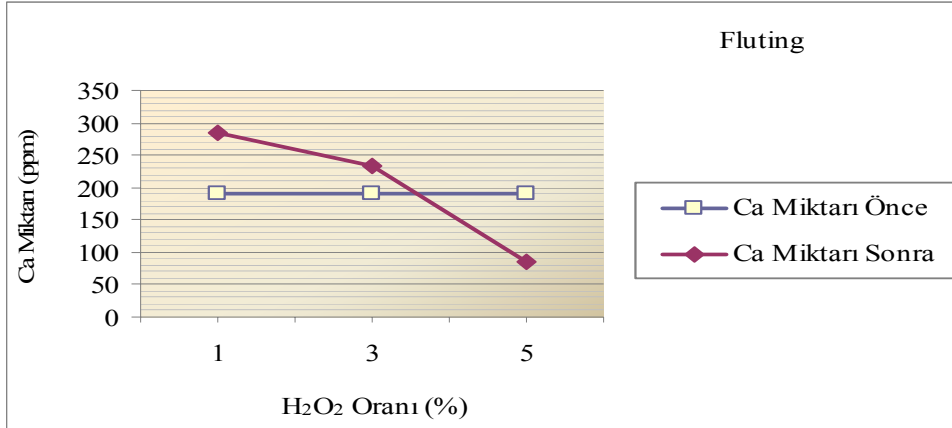
Şekil 4.55. Karışım atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

Fluting, gri karton, test liner, core board ve karışım atık sularına uygulanan hidrojen peroksit uygulaması sonucunda kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim Çizelge 4.12. ve Şekil 4.56.-60.’ta görüldüğü gibi; fluting atık suyunda yalnız %5 hidrojen peroksit ilavesinde 192 ppm’den 85 ppm’e düşerek %55.73 oranında bir azalma olmuş, gri karton atık suyunda azalmanın aksine artma görülmüş, test liner atık suyunda ilk önce artma daha sonra giderek azalmış ve %5 konsantrasyonda %28.09 oranında azalma olmuş, core board atık suyunda test liner atık suyuna benzer bir gidişat görülüp en fazla azalma %5 konsantrasyonda 256 ppm’den 202 ppm’e düşerek %21.09 oranında azalma, karışım atık suyunda %1 konsantrasyonda %19.94. %3 konsantrasyonda en fazla olarak %30.38 oranda. %5 konsantrasyonda azalma %3’ göre düşük olarak %23.43 oranda bir azalma sonucu elde edilmiştir. 3.12’ye baktığımızda kuyu suyunda kalsiyum değeri 55.644 ppm gelmiştir. Fluting atık suyunda %5 hidrojen peroksit konsantrasyonunda 85 ppm bulunana kalsiyum miktarını direk olarak etkilemiş, yine bu miktar düşük olmaması kalsiyum miktarının yüksek çıkmasına sebep olmuştur.

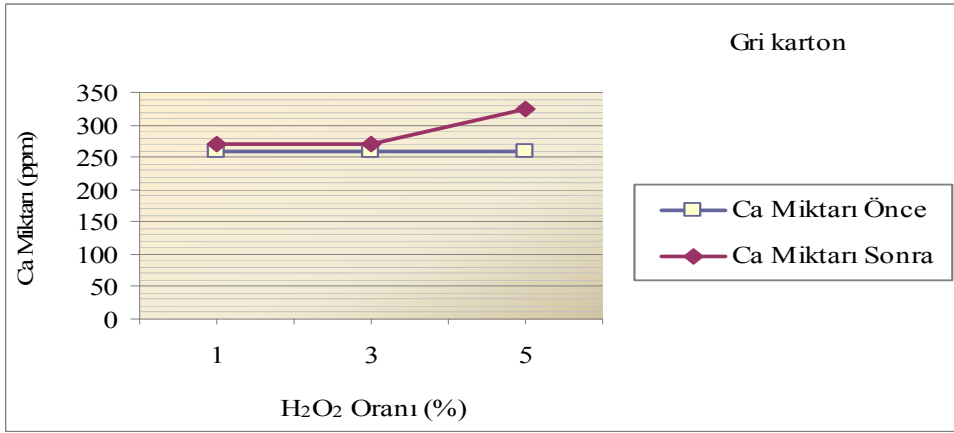
Çizelge 4.12. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °C’de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamalı su banyosunda bekletilmesi, öncesi ve sonrasında kalsiyum (Ca) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki kalsiyum (Ca) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	Ca Miktarı önce (ppm)	Ca Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	25	300	1	5.90	192	284	-47.92
2	Fluting	200	6.80	25	300	3	5.27	192	232	-20.83
3	Fluting	200	6.80	25	300	5	5.13	192	85	55.73
4	Gri karton	200	6.68	25	300	1	5.70	259	270	-4.25
5	Gri karton	200	6.68	25	300	3	5.09	259	271	-4.63
6	Gri karton	200	6.68	25	300	5	4.91	259	324	-25.10
7	Test liner	200	6.71	25	300	1	5.62	299	302	-1.00
8	Test liner	200	6.71	25	300	3	5.17	299	261	12.71
9	Test liner	200	6.71	25	300	5	5.08	299	215	28.09
10	Core board	200	6.85	25	300	1	6.02	256	294	-14.84
11	Core board	200	6.85	25	300	3	5.34	256	208	18.75
12	Core board	200	6.85	25	300	5	5.22	256	202	21.09
13	Karışım	200	6.76	25	300	1	5.88	316	253	19.94
14	Karışım	200	6.76	25	300	3	5.30	316	220	30.38
15	Karışım	200	6.76	25	300	5	5.19	316	242	23.42
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	56	-	-

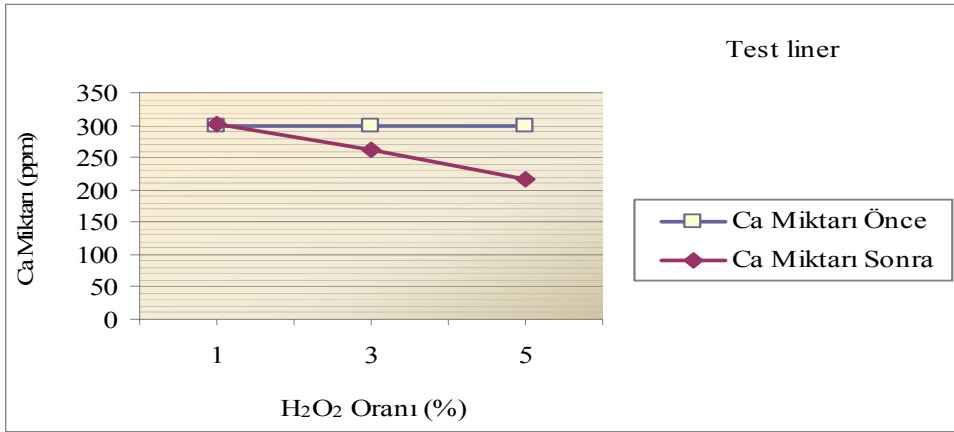
pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH



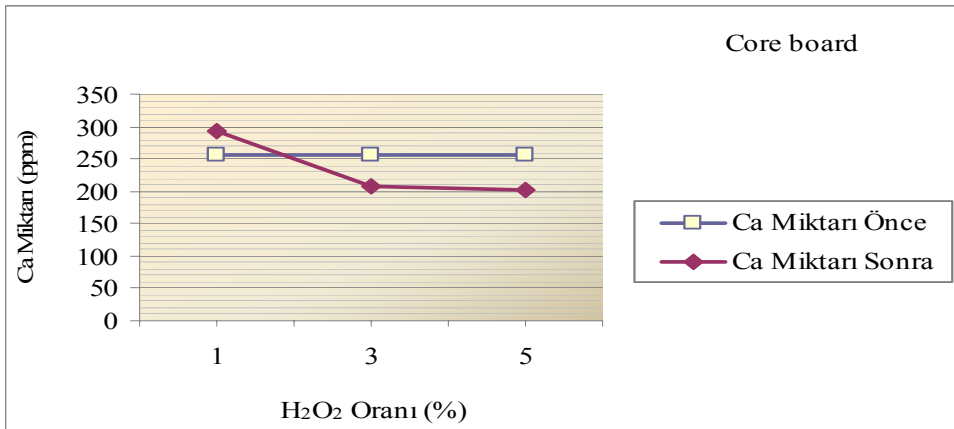
Şekil 4.56. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



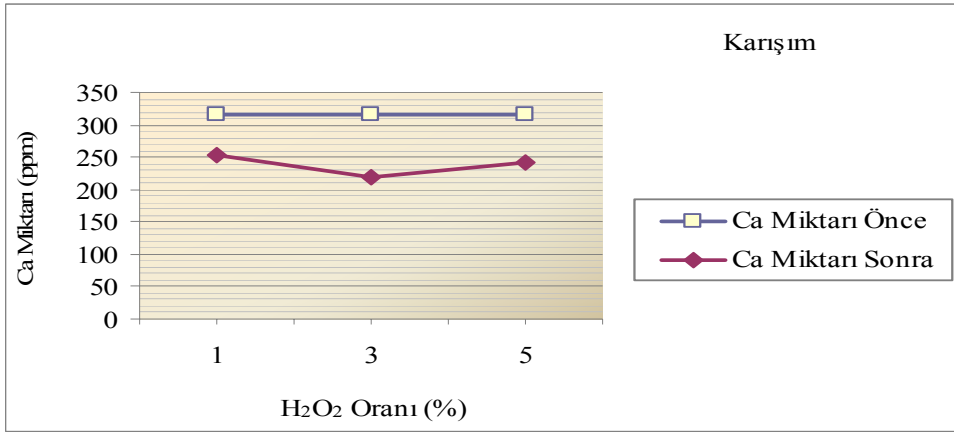
Şekil 4.57. Gri karton atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.58. Test liner atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

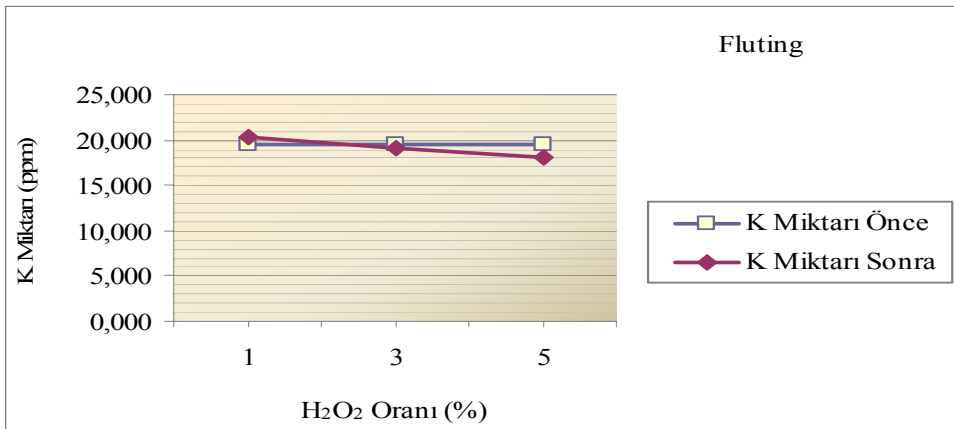


Şekil 4.59. Core board atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.60. Karışım atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

Potasyum (K) miktarındaki değişim aşağıda görülen Şekil 4.61.-66. ve Çizelge 4.13.’e baktığımızda; flutin atık suyunda %1 hidrojen peroksit ilavesinde 19.543 ppm’den 20.285 ppm’e çıktığı daha sonra %3 ve %5 ilavelerinde %2.53 ve %7.59 oranlarında bir azalma olduğu, gri karton atık suyunda %1 ilavesinde her hangi bir değişim gözlemlenmemiş %3 lavede %5.62 oranında azalma, %5 ilave sonrasında %14.61 oranında bir azalma olmuş, test liner atık suyunda hidrojen peroksit ilavesi artıkça azalma oranında arttığı ve en fazla %5 konsantrasyonda %14.29 oranında azalma olduğu, core board atık suyu ve karışım atık suyunda test liner atık suyuna bezer bir azalma yolu izlediği, core board atık suyunda en fazla %18.75 ve karışım atık suyunda %19.05 oranında bir azalma olduğu görülmüştür. Fakat Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen standart değer yakalanamamıştır.

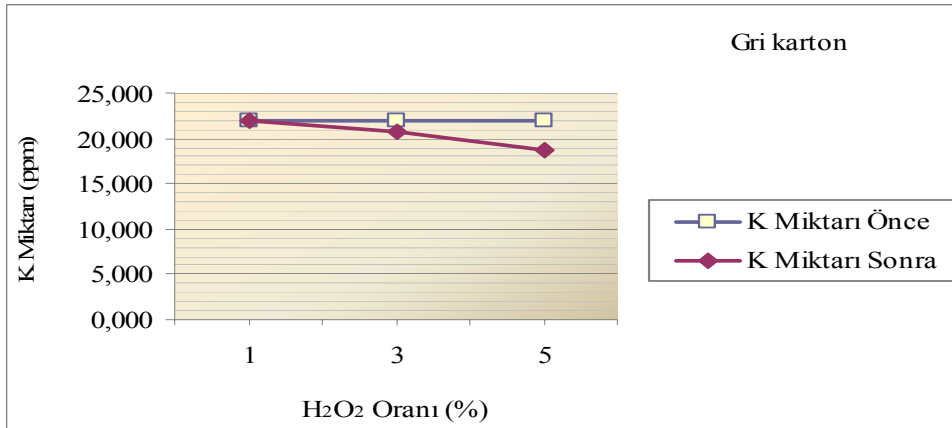


Şekil 4.61. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

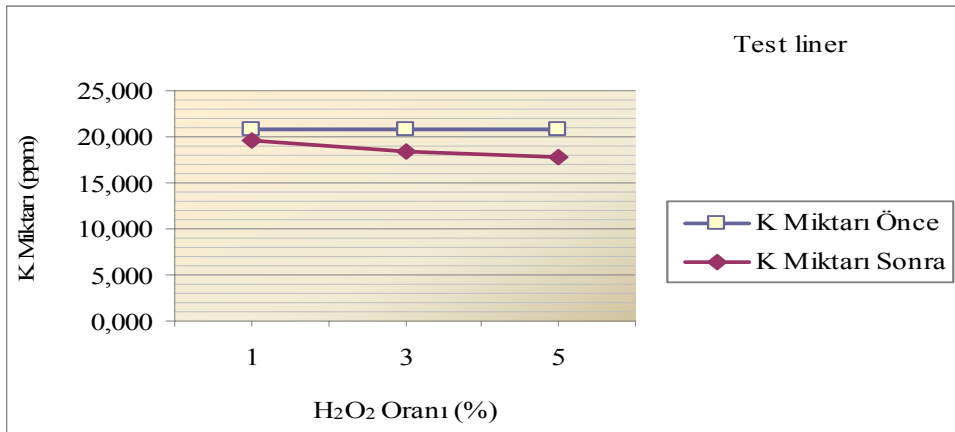
Çizelge 3.13. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °C'de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamalı su banyosunda bekletilmesi, öncesi ve sonrasında potasyum (K) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki potasyum (K) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik. (ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	K Miktarı önce (ppm)	K Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6,80	25	300	1	5,90	19,543	20,285	-3,80
2	Fluting	200	6,80	25	300	3	5,27	19,543	19,048	2,53
3	Fluting	200	6,80	25	300	5	5,13	19,543	18,059	7,59
4	Gri karton	200	6,68	25	300	1	5,70	22,017	22,017	0,00
5	Gri karton	200	6,68	25	300	3	5,09	22,017	20,78	5,62
6	Gri karton	200	6,68	25	300	5	4,91	22,017	18,8	14,61
7	Test liner	200	6,71	25	300	1	5,62	20,78	19,543	5,95
8	Test liner	200	6,71	25	300	3	5,17	20,78	18,305	11,91
9	Test liner	200	6,71	25	300	5	5,08	20,78	17,811	14,29
10	Core board	200	6,85	25	300	1	6,02	19,79	18,305	7,50
11	Core board	200	6,85	25	300	3	5,34	19,79	16,821	15,00
12	Core board	200	6,85	25	300	5	5,22	19,79	16,079	18,75
13	Karışım	200	6,76	25	300	1	5,88	20,78	19,295	7,15
14	Karışım	200	6,76	25	300	3	5,30	20,78	18,533	10,81
15	Karışım	200	6,76	25	300	5	5,19	20,78	16,821	19,05
16	Kuyu suyu	200	7,70	-	-	-	-	6,331	-	-

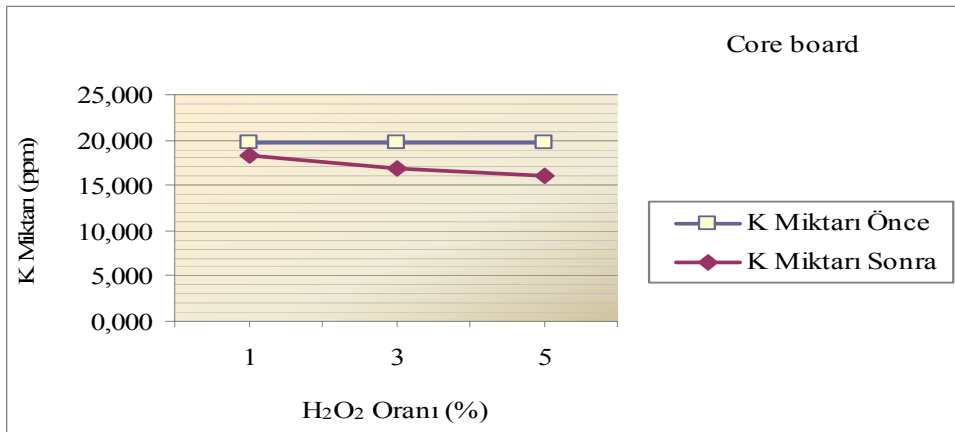
pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH



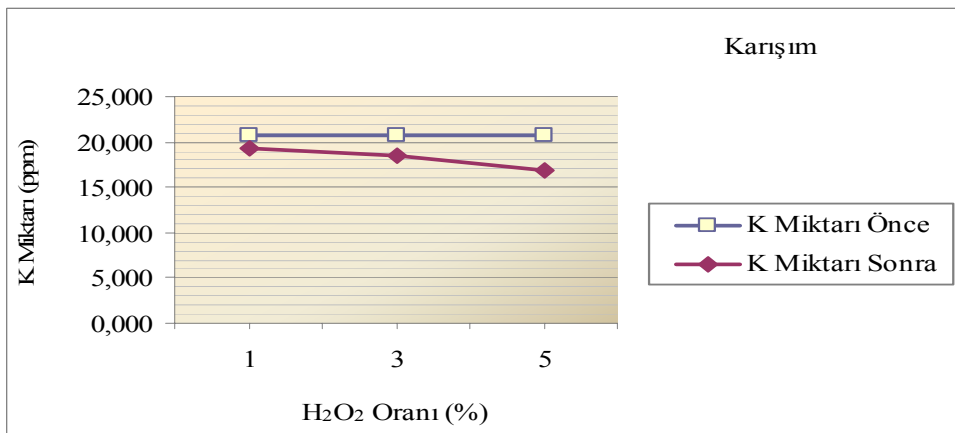
Şekil 4.62. Gri karton atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C'de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.63. Test liner atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

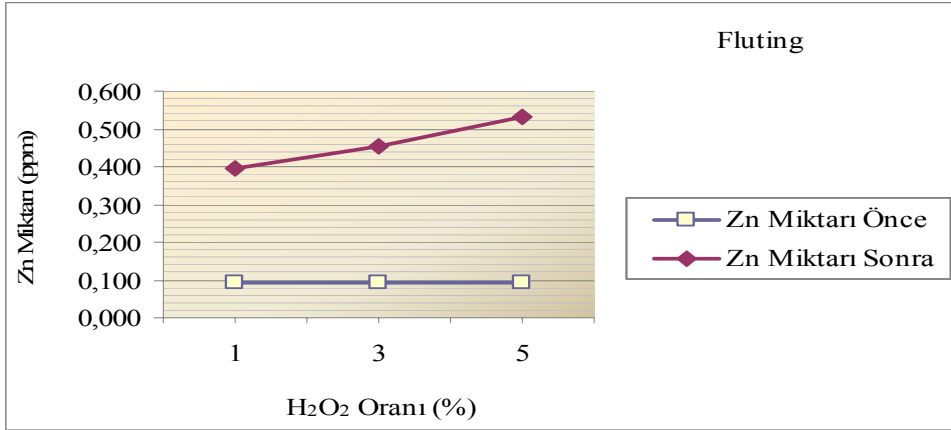


Şekil 4.64. Core board atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

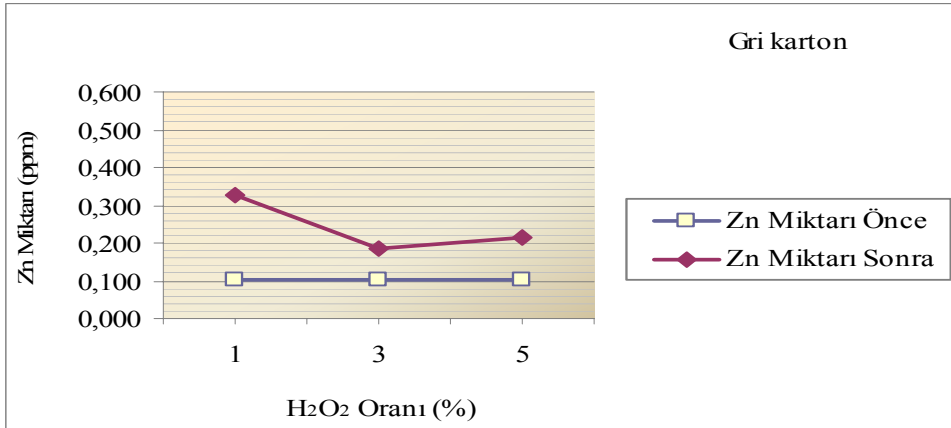


Şekil 4.65. Karışım atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

Fluting, gri karton, test liner, core board ve karışım atık sularınada hidrojen peroksit uygulama sonrası değişim ve azalma oranları aşağıda verilen Şekil 4.66.-70. ve Çizelge 4.14.'e baktığımızda; fluting, gri karton ve core board'da artma görülmüş, test liner ve karışım atık suyunda azalma görülüp test liner atık suyunda ilk önce %1 konsantrasyonda %25.15 oranında, %3 konsantrasyonda %21.30 oranında ve %5 konsantrasyonda en fazla %31.36 oranında azalma olmuştur. Karışım atık suyunda %1 konsantrasyonda %7.00 oranında, %3 konsantrasyonda %10 oranında azalmış ve %5 konsantrasyonda herhangi bir değişim görülmemiştir. Alınan sonuçlar Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen değerlerin üzerinde gerçekleşmiş olup uygulama olumsuz sonuç vermiştir.



Şekil 4.66. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C'de ve 300 dakika sürede).

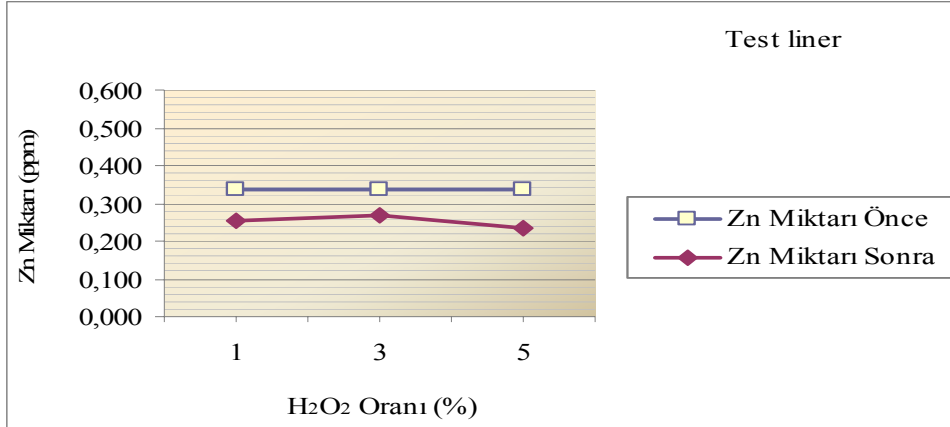


Şekil 4.67. Gri karton atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C'de ve 300 dakika sürede).

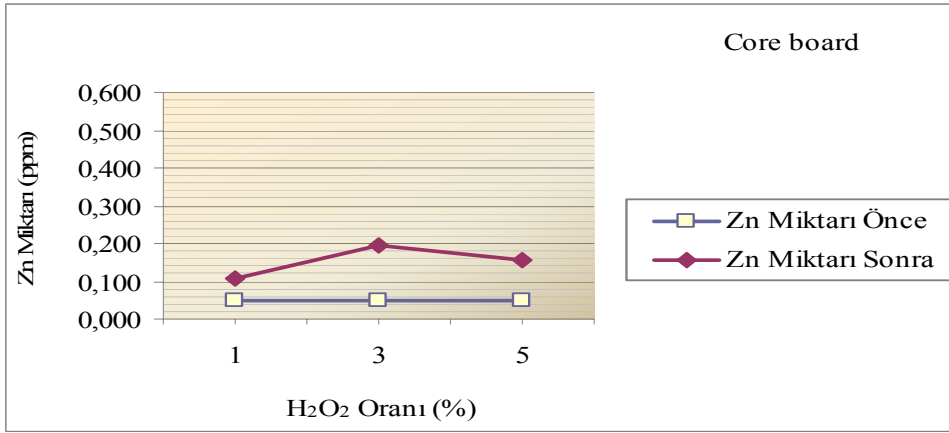
Çizelge 4.14. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °C’de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamalı su banyosunda bekletilmesi, öncesi ve sonrasında çinko (Zn) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki çinko (Zn) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	Zn Miktarı önce (ppm)	Zn Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	25	300	1	5.90	0.093	0.395	-324.73
2	Fluting	200	6.80	25	300	3	5.27	0.093	0.456	-390.32
3	Fluting	200	6.80	25	300	5	5.13	0.093	0.532	-472.04
4	Gri karton	200	6.68	25	300	1	5.70	0.101	0.329	-225.74
5	Gri karton	200	6.68	25	300	3	5.09	0.101	0.186	-84.16
6	Gri karton	200	6.68	25	300	5	4.91	0.101	0.215	-112.87
7	Test liner	200	6.71	25	300	1	5.62	0.338	0.253	25.15
8	Test liner	200	6.71	25	300	3	5.17	0.338	0.266	21.30
9	Test liner	200	6.71	25	300	5	5.08	0.338	0.232	31.36
10	Core board	200	6.85	25	300	1	6.02	0.05	0.105	-110.00
11	Core board	200	6.85	25	300	3	5.34	0.05	0.194	-288.00
12	Core board	200	6.85	25	300	5	5.22	0.05	0.156	-212.00
13	Karışım	200	6.76	25	300	1	5.88	0.3	0.279	7.00
14	Karışım	200	6.76	25	300	3	5.30	0.3	0.27	10.00
15	Karışım	200	6.76	25	300	5	5.19	0.3	0.3	0.00
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	0.02	-	-

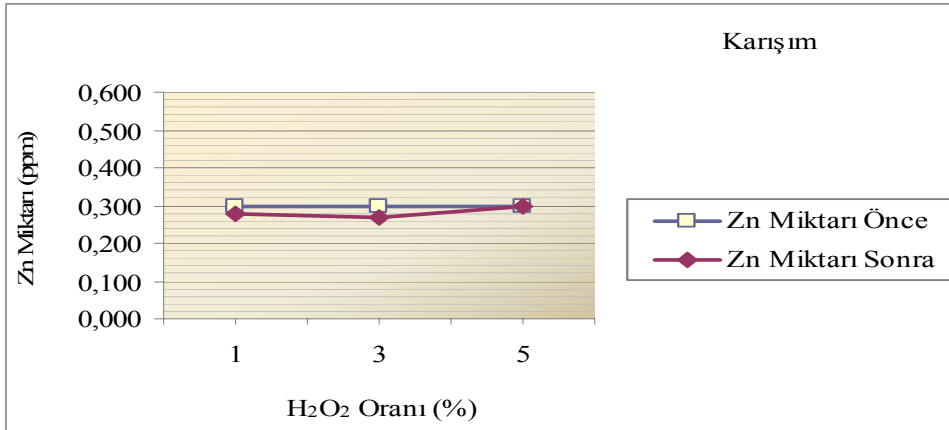
pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.68. Test liner atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.69. Core board atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



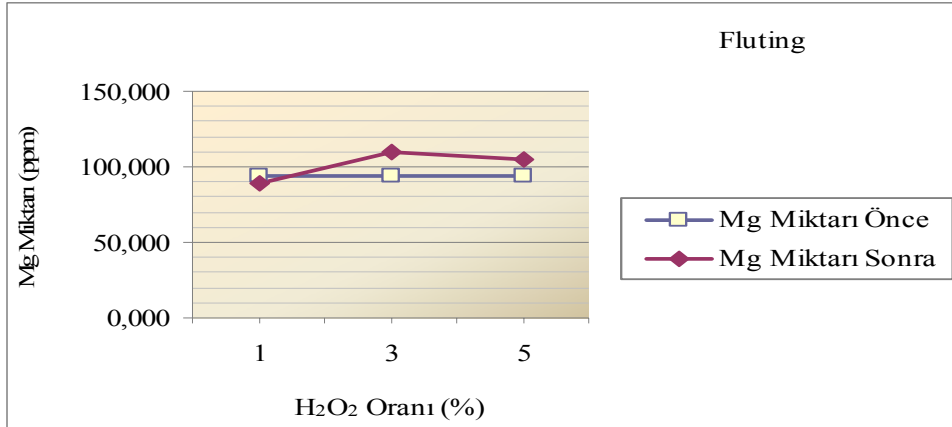
Şekil 4.70. Karışım atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

Hidrojen peroksit uygulaması ile fluting, gri karton, testliner, core board ve karışım atık suyunda magnezyum (Mg) miktarındaki değişim Çizelge 4.15. ve Şekil 4.71.-75.’e baktığımızda; fluting atık suyunda %1 konsantrasyonda bir azalma olduğu, daha sonraki hidrojen peroksit ilavelerinde artma olduğu görülmüş, gri karton atık suyunda %1 konsantrasyonda arttığı, %3 ve %5 konsantrasyonda sırayla daha az arttığı bulgularına ulaşılmıştır. Test liner atık suyunda %1 konsantrasyonda arttığı, %3 ve %5 konsantrasyonda giderek azaldığı en fazla % konsantrasyonda %6.48 oranında azaldığı, core board atık suyunda gri kartona benzer sonuçlar elde edilmiştir. Karışım atık suyunda %1 konsantrasyonda arttığı, %3 konsantrasyonda %12.60 oranında, %5 konsantrasyonda %12.86 oranında bir azalma sağlanmıştır.

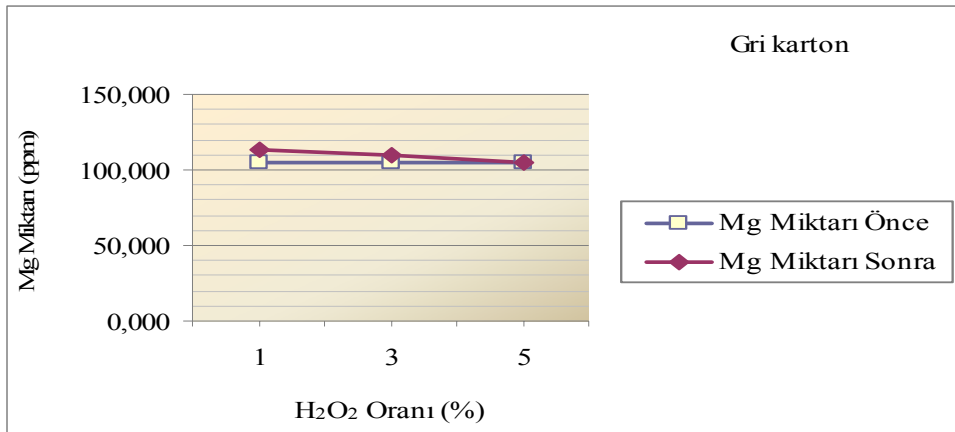
Çizelge 4.15. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °C’de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamılı su banyosunda bekletilmesi, öncesi ve sonrasında magnezyum (Mg) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki magnezyum (Mg) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik. (ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	Mg Miktarı önce (ppm)	Mg Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	25	300	1	5.90	94.27	89.59	4.96
2	Fluting	200	6.80	25	300	3	5.27	94.27	109.82	-16.50
3	Fluting	200	6.80	25	300	5	5.13	94.27	105.253	-11.65
4	Gri karton	200	6.68	25	300	1	5.70	105	113	-7.62
5	Gri karton	200	6.68	25	300	3	5.09	105	109.82	-4.59
6	Gri karton	200	6.68	25	300	5	4.91	105	105.253	-0.24
7	Test liner	200	6.71	25	300	1	5.62	118.663	123.981	-4.48
8	Test liner	200	6.71	25	300	3	5.17	118.663	116.004	2.24
9	Test liner	200	6.71	25	300	5	5.08	118.663	110.976	6.48
10	Core board	200	6.85	25	300	1	6.02	91.208	124.616	-36.63
11	Core board	200	6.85	25	300	3	5.34	91.208	109.415	-19.96
12	Core board	200	6.85	25	300	5	5.22	91.208	106.698	-16.98
13	Karışım	200	6.76	25	300	1	5.88	113.75	122.247	-7.47
14	Karışım	200	6.76	25	300	3	5.30	113.75	99.416	12.60
15	Karışım	200	6.76	25	300	5	5.19	113.75	99.127	12.86
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	58.069	-	-

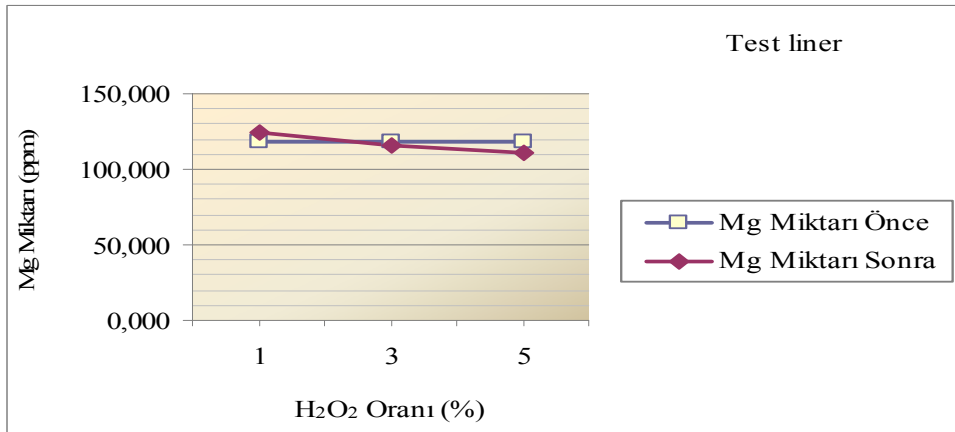
pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH



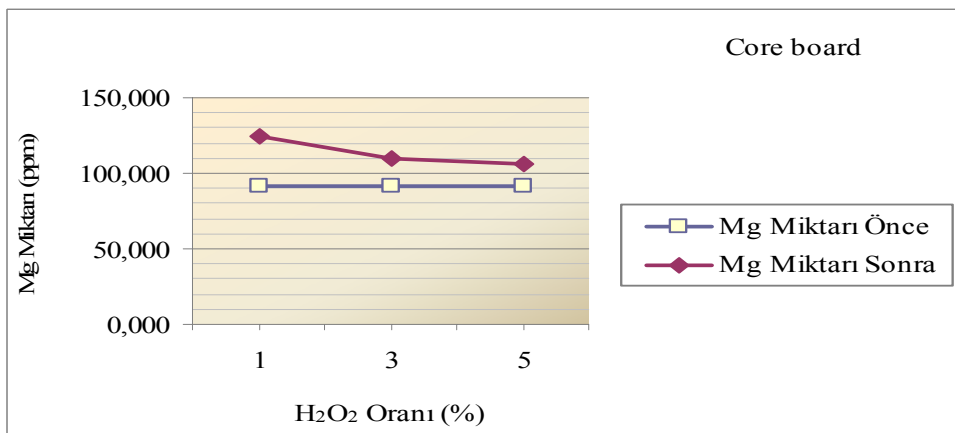
Şekil 4.71. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



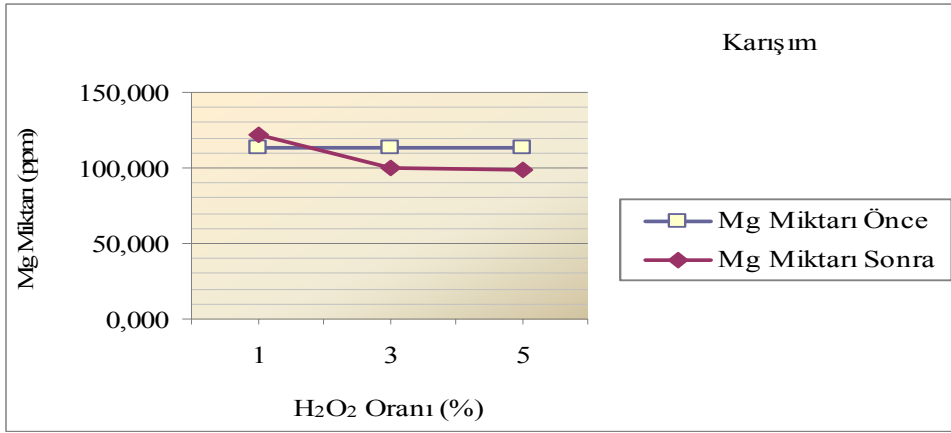
Şekil 4.72. Gri karton atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.73. Test liner atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

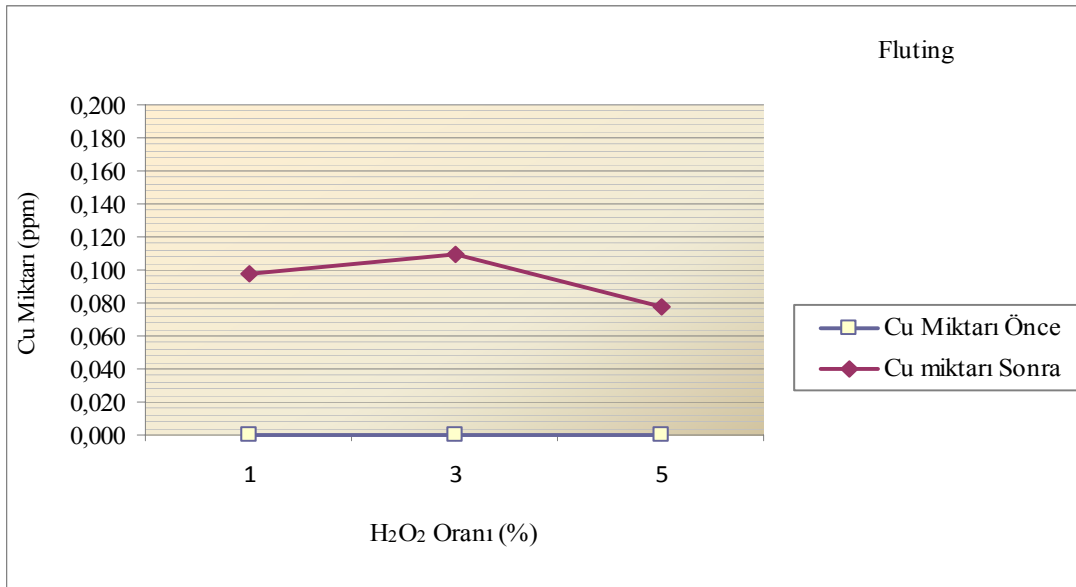


Şekil 4.74. Core board atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.75. Karışım atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

Çizelge 4.16. ve Şekil 4.76.’ya baktığımızda fluting atık suyuna hidrojen peroksit uygulama sonrası bakır miktarı %1 hidrojen peroksit konsantrasyonunda ilk başta artmış daha sonra %3 konsantrasyonda giderek bir atma göstermiş %5 konsantrasyonda azalma görülmüştür. Şekil 4.77.’ye baktığımızda gri karton atık suyunda fluting atık suyundan farklı olarak ilk başta fazla arttığı son giderek daha az arttığı görülmektedir. Şekil 4.78, ve 4.79.’da test liner ve core board atık suyuna uygulanan hidrojen peroksit uygulam sonrasında, test liner atık suunda %1 konsantrasyonda %55.93 oranında en fazla azalma olduğu daha sonra %3 ve %5 konsantrasyonlarda %44.63 ve %11.30 oranında bir azalma olduğu, core board atık suyunda gri karton atık suyuna benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

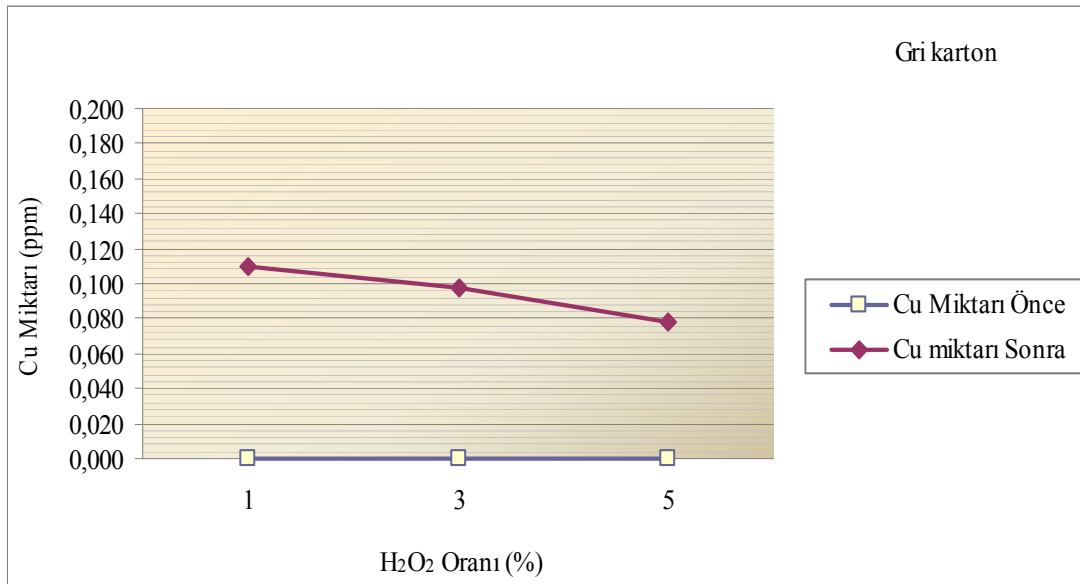


Şekil 4.76. Fluting atık suyuna hidrojen peroksit (H_2O_2) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

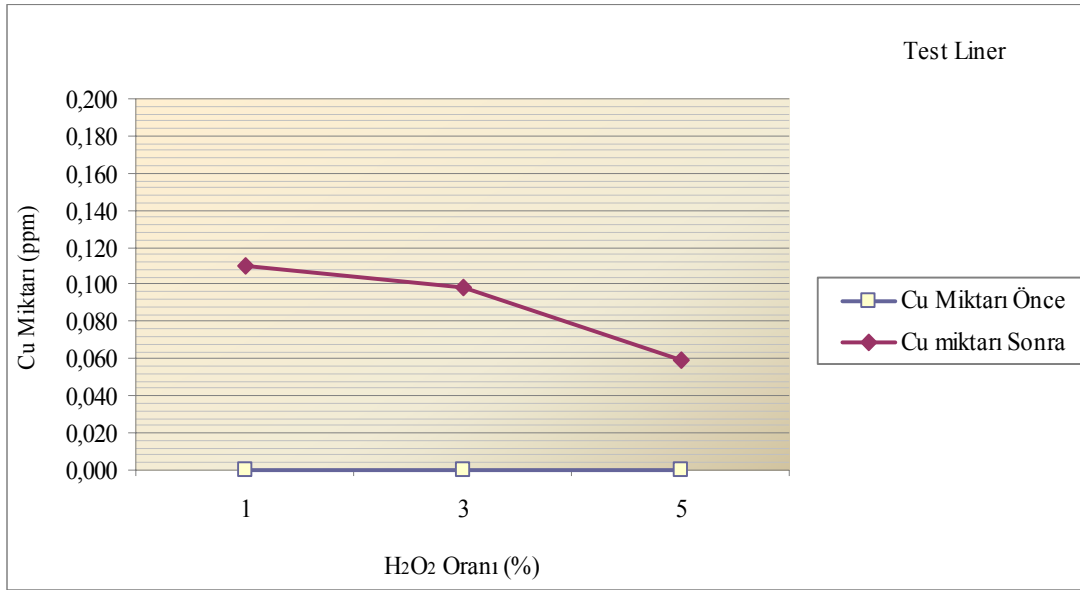
Çizelge 4.16. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °C’de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamalı su banyosunda bekletilmesi öncesi, ve sonrasında bakır (Cu) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki bakır (Cu) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	Cu Miktarı önce (ppm)	Cu Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	25	300	1	5.90	0	0.098	-
2	Fluting	200	6.80	25	300	3	5.27	0	0.11	-
3	Fluting	200	6.80	25	300	5	5.13	0	0.078	-
4	Gri karton	200	6.68	25	300	1	5.70	0	0.11	-
5	Gri karton	200	6.68	25	300	3	5.09	0	0.098	-
6	Gri karton	200	6.68	25	300	5	4.91	0	0.078	-
7	Test liner	200	6.71	25	300	1	5.62	0.177	0.078	55.93
8	Test liner	200	6.71	25	300	3	5.17	0.177	0.098	44.63
9	Test liner	200	6.71	25	300	5	5.08	0.177	0.157	11.30
10	Core board	200	6.85	25	300	1	6.02	0.02	0.11	-450.00
11	Core board	200	6.85	25	300	3	5.34	0.02	0.098	-390.00
12	Core board	200	6.85	25	300	5	5.22	0.02	0.059	-195.00
13	Karışım	200	6.76	25	300	1	5.88	0.137	0.137	0.00
14	Karışım	200	6.76	25	300	3	5.30	0.137	0.11	19.71
15	Karışım	200	6.76	25	300	5	5.19	0.137	0.078	43.07
16	Kuyu suyu	200	7.70	-	-	-	-	0.039	-	-

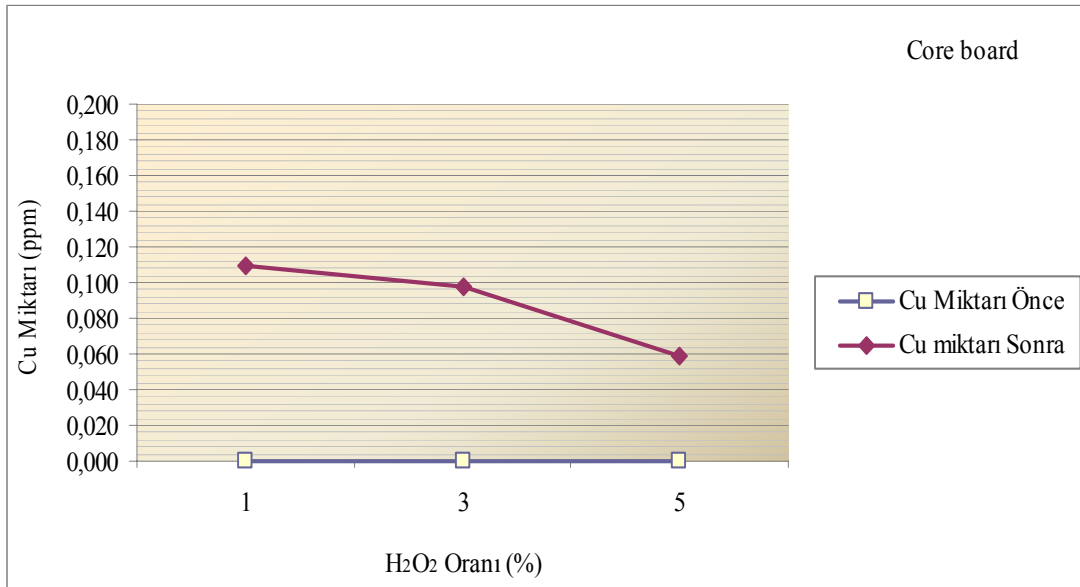
pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH



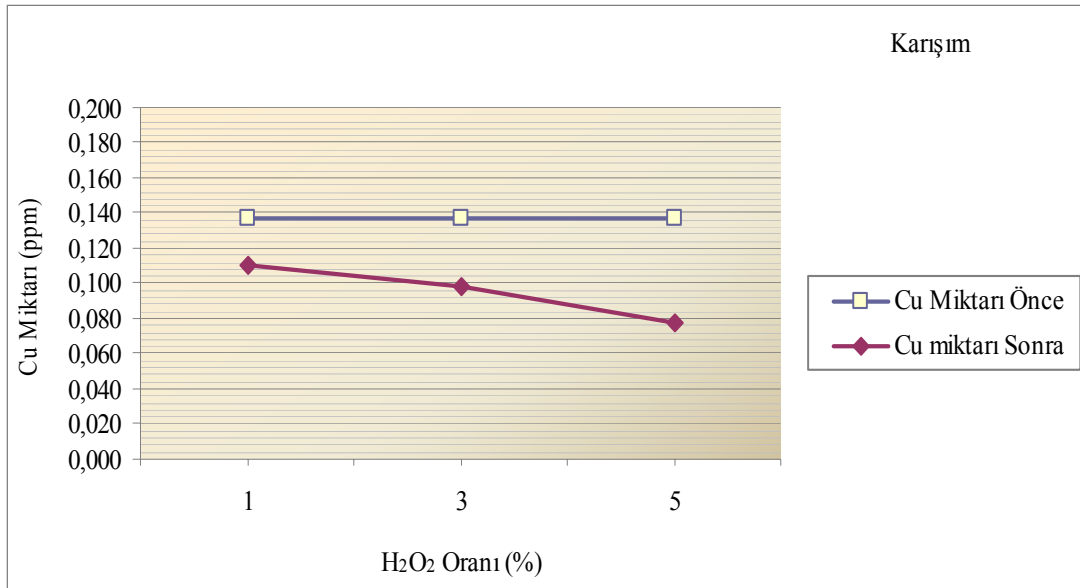
Şekil 4.77. Gri karton atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.78. Karışım atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.79. Core board atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).



Şekil 4.80. Karışım atık suyuna hidrojen peroksit (H₂O₂) oranına bağlı olarak yapılan hidrojen peroksit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de ve 300 dakika sürede).

Yukarıda verilen Şekil 4.80. baktığımızda %1 konsantrasyonda bakır (Cu) herhangi bir değişim olmamış, %3 konsantrasyonda % 19.71 oranında bir azalma olmuş ve %5 konsantrasyonda %43.07 oranında bir azalma olduğu görülmektedir.

Hidroperoksit uygulama sonrası Çizelge 4.17.'e baktımızda askıda katı madde miktarında fluting atık suyunda en fazla %5 konsantrasyonda %87.76 azalma oranı, gri karton atık suyunda %5 konsantrasyonda %93.06 oranında azalma, test liner atık suyunda %5 konsantrasyonda %89.28 oranında azalma, core board atık suyunda %5 konsantrasyonda %88.59 oranında azalma ve karışım atık suyunda %5 konsantrasyonda %88.65 oranında en fazla azalma oranlarda sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.17. Fluting, Gri karton, Test liner, Core board ve Karışım atık sularına 25 °de, % 1, 3 ve 5 oranlarında hidrojen peroksit eklenip 5 saat sürede çalkalamalı su banyosunda bekletilmesi, öncesi ve sonrasında askıda katı madde (AKM) miktarının değişimi ve değişim oranı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	pH*	AKM Miktarı önce (ppm)	AKM Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	200	6.80	25	300	1	5.90	2254	306	86.42
2	Fluting	200	6.80	25	300	3	5.27	2254	280	87.58
3	Fluting	200	6.80	25	300	5	5.13	2254	276	87.76
4	Gri karton	200	6.68	25	300	1	5.70	1816	154	91.52
5	Gri karton	200	6.68	25	300	3	5.09	1816	142	92.18
6	Gri karton	200	6.68	25	300	5	4.91	1816	126	93.06
7	Test liner	200	6.71	25	300	1	5.62	2986	356	88.08
8	Test liner	200	6.71	25	300	3	5.17	2986	329	88.98
9	Test liner	200	6.71	25	300	5	5.08	2986	320	89.28
10	Core board	200	6.85	25	300	1	6.02	2455	320	86.97
11	Core board	200	6.85	25	300	3	5.34	2455	302	87.70
12	Core board	200	6.85	25	300	5	5.22	2455	280	88.59
13	Karışım	200	6.76	25	300	1	5.88	2370	298	87.43
14	Karışım	200	6.76	25	300	3	5.30	2370	274	88.44
15	Karışım	200	6.76	25	300	5	5.19	2370	269	88.65

pH* : Hidrojen peroksit ilavesi sonrası pH

4.3.Uçucu Kül Uygulaması

Grupta ve ark. (1990). adsorbent olarak uçucu külün kullanılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmışlar ve bu çalışmalarda, sulu ortamlardan değişik ağır metallerin uzaklaştırılmasında uçucu külün adsorbent olarak kullanılabileceği ortaya koymuşlardır. Fluting, gri karton ve test liner üretim atık sulardan alınan 500 ml atık su numunelerine 15 gr uçucu kül ilave edilip oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda 15, 20 ve 25 dakika aralıklarda bir manyetik balık yardımıyla karıştırılmıştır. pH'ı düşürmek için 1 gr pac (polialüminyum klorür) katılmış, cam çubuk ile tekrar karıştırılarak homojen olması sağlanmış ve son olarak suyun rengini daha fazla açmak için 1.5 gr hypo eklenip cam çubukla tekrara karıştırılarak uygulama sonunda numunelerinin bazı inorganik madde miktarları, kimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda katı madde miktarlarına bakılmış. Çizelge 4.18.-27.'de ve Şekil 4.81.-110.'daki bulgular elde edilmiş ve uygulamadan önceki miktarları ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

Fluting, gri karton ve test liner atık suyuna uygulanan uçucu kül uygulaması sonucunda, sodyum (Na) miktarındaki değişim aşağıda verilen Çizelge 4.18. ve Şekil 4.81.-83.'i incelediğimizde; üç üretimin atık suyunda sodyum miktarında artma olduğu, fluting atık suyunda bu artımın daha fazla, test liner atık suyunda daha az ve gri kartonda ise 15 dakika süre sonunda 228.507 ppm'den 190.422 ppm'e düşerek %16.67 oranında bir azalma sağlayıp daha sonraki 20 ve 25 dakika bekleme sürelerinde arttığı görülmüştür. Buna üretimde kullanılan kuyu suyunda Çizelge 4.18.'de görüldüğü gibi sodyum miktarının 85.690 ppm olduğu ve bunun etkisinin olduğu ve adsorbentın adsorlamayıp bileşik halinde bulunan sodyumun da serbest hale gelmiş olması düşünülmektedir.

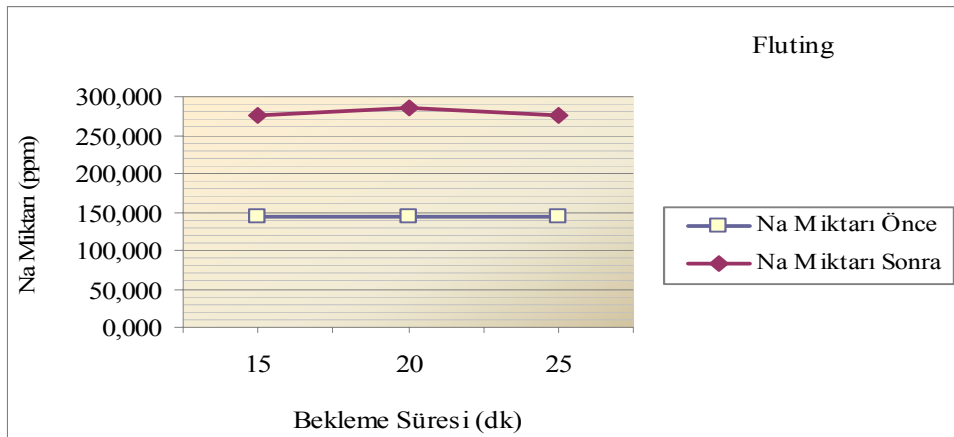
Çizelge 4.18. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C'de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında sodyum (Na) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki sodyum (Na) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH*	PAC mik.(gr)	pH**	Hypo mik.(gr)	pH***	Na Miktarı önce (ppm)	Na Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	142.82	276.11	-93.33
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	142.82	285.63	-100.00
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	142.82	276.11	-99.33
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	228.51	190.42	16.67
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	228.51	247.55	-8.33
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	228.51	238.03	-4.17
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	199.94	247.55	-23.81
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	199.94	257.07	-28.58
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	199.94	256.93	-28.49
10	Kuyu suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	85.69	-	-

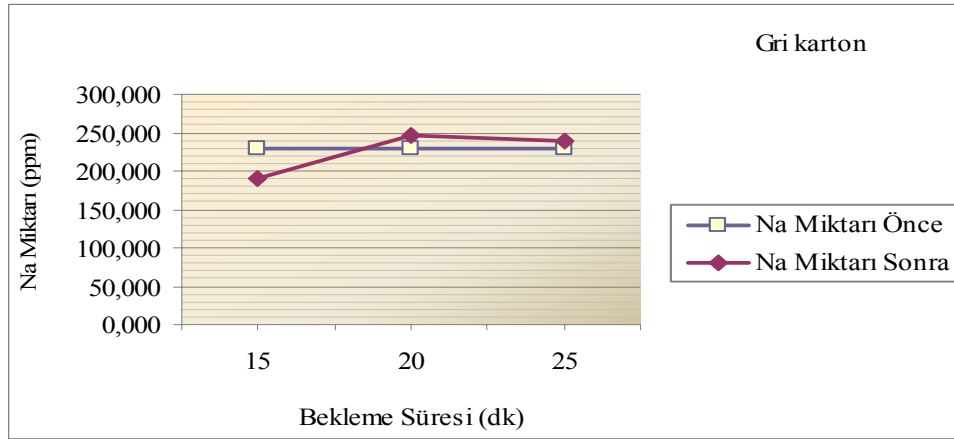
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

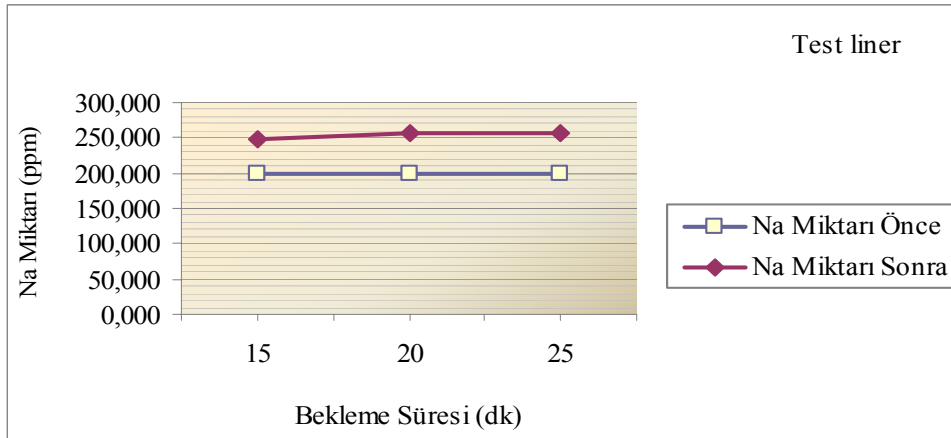
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.81. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C'de, pac=1.5 gr ve hypo=1 gr).



Şekil 4.82. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.83. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Uçucu kül uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim aşağıda verilen Çizelge 4.19. ve Şekil 4.84.-86.’ya baktığımızda; fluting atık suyunda uygulama sonrasında başlangıç miktarı 1.461 ppm olan miktar 15 dakika bekleme süresi sonrasında 0.336 ppm’e, 20 dakika bekleme süresi sonrasında 0.202 ppm’e, 25 dakika bekleme süresi sonrasında 0.369 ppm’e düşmüş ve en fazla 20 dakika bekleme süresi sonrasında %86.19 oranında demir miktarında bir azalma sağlanmıştır. Gri karton atık suyunda azalma 15 dakika bekleme süresi sonrasında başlangıç miktarı 0.604 ppm olan demir miktarı 0.218 ppm’e, 20 dakika bekleme sonrasında 0.353 ppm’e, 25 dakika bekleme sonrasında 0.504 ppm’e düşerek en fazla 15 dakika bekleme süresi sonrasında %63.90 oranında bir azalma sağlanmıştır. Test liner atık suyunda 15 dakika bekleme süresi sonrasında başlangıç miktarı 2.923 ppm olan demir miktarı 0.453 ppm’e, 20 dakika bekleme süresi sonrasında 0.403 ppm’e ve 25 dakika bekleme süresi sonrasında 0.470 ppm’e düşmüş, en fazla 20 dakika bekleme süresi sonrasında %86.20 oranında bir azalma sağlanmıştır. Acemioğlu (2004). kızılçam kabukları ile sulu ortamdan Fe (II) iyonlarının giderilmesini çalışmış ve ortalama %55–66 arasında demir iyonları ortamdan uzaklaştırılmış. Uçu kül ile yapılan uygulamada

demir iyonunun uzaklaştırılması daha fazla gerçekleştirmiş olup Çevre ve Orma Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeğinde verilen standart değerlerin çok altında sonuçlar alınmıştır.

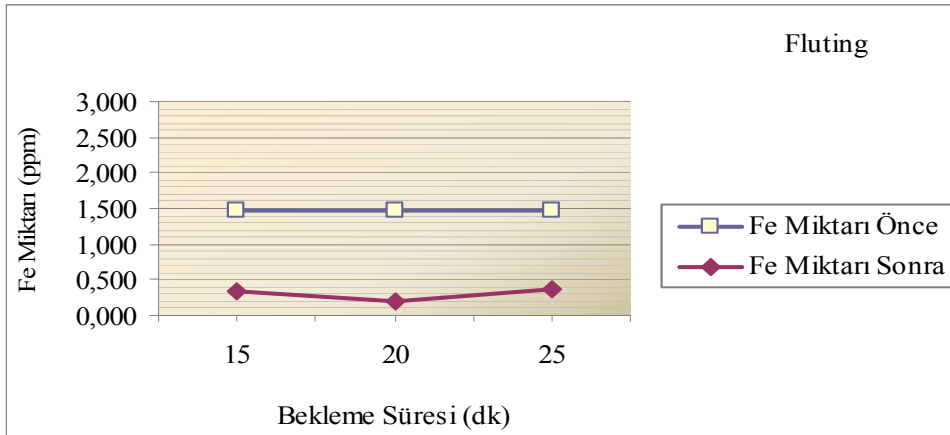
Çizelge 4.19. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C’de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında demir (Fe) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suundaki demir (Fe) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH *	PAC mik.(gr)	pH **	Hypo mik.(gr)	pH ***	Fe Miktarı önce (ppm)	Fe Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	1.461	0.336	77.00
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	1.461	0.202	86.19
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	1.461	0.369	74.74
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	0.604	0.218	63.90
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	0.604	0.353	41.61
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	0.604	0.504	16.55
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	2.923	0.453	84.49
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	2.923	0.403	86.20
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	2.923	0.47	83.90
10	Kuyu suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	2.507	-	-

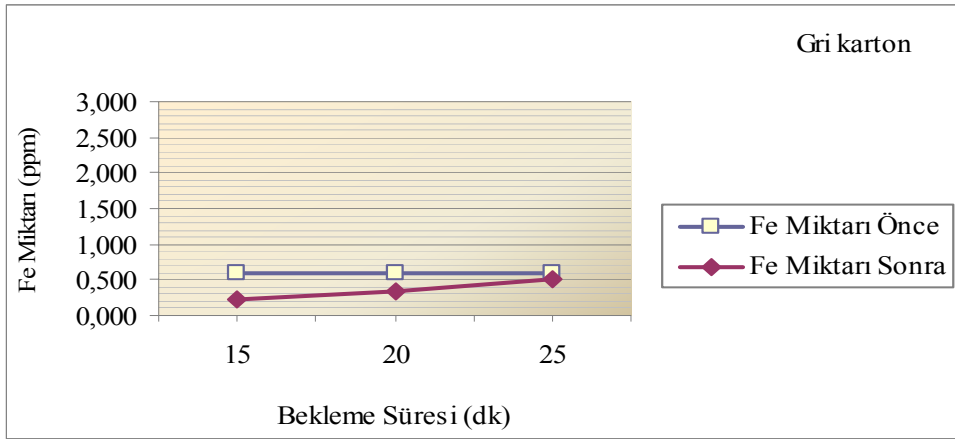
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

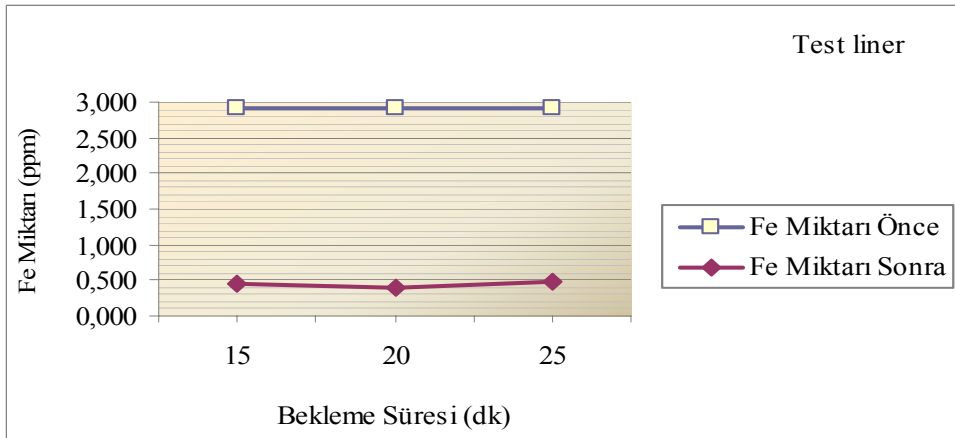
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.84. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.85. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.86. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Fluting, gri karton ve test liner atık suyuna uygulanan uçucu kül uygulaması sonrası calasiyum miktarındaki değişim Çizelge 4.20. ve Şekil 4.87.-89.'a bakıldığında; fluting atık suyunda 15, 20 ve 25 dakika bekleme sürelerinde sürenin artmasıyla azalma oranının da arttığı ve 25 dakika bekleme süresi sonrasında 32.695 ppm başlangıç miktarından 26.425 ppm'e düşerek %19.18 oranında bir azalma sağlamış. gri karton ve testliner atık suyunda azalmanın aksine artma olduğu görülmekte olup üretimde kullanılan kuyu suyu kalsiyum miktarı 55.644 ppm olduğu ve bunun etkisinin olduğu görülmektedir. Yine kuyu suyu kalsiyum miktarının armasında önemli rol oynamıştır.

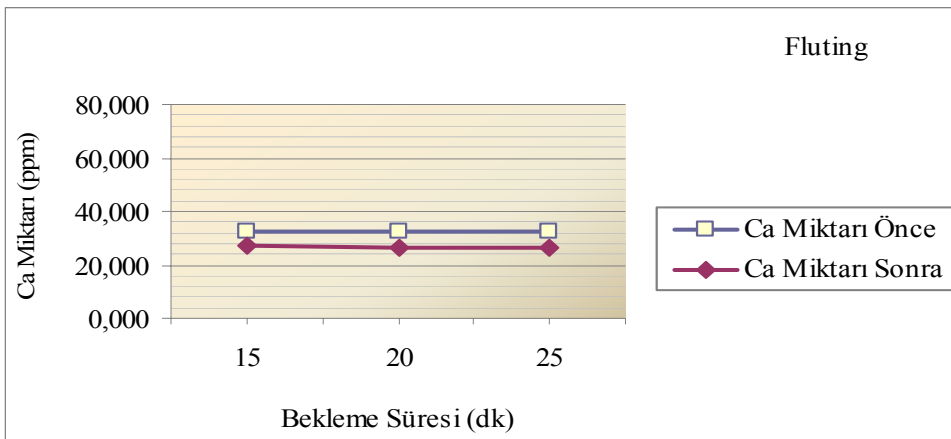
Çizelge 4.20. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C'de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında calsiyum (Ca) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suundaki calsiyum (Ca) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH*	PAC mik.(gr)	pH**	Hypo mik.(gr)	pH***	Ca Miktarı önce (ppm)	Ca Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	32.695	26.881	17.78
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	32.695	26.641	18.52
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	32.695	26.425	19.18
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	25.358	37.123	-46.39
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	25.358	36.101	-42.36
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	25.358	32.44	-27.92
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	33.163	71.59	-115.87
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	33.163	70.13	-111.47
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	33.163	84.395	-154.48
10	Kuyu suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	55.644	-	-

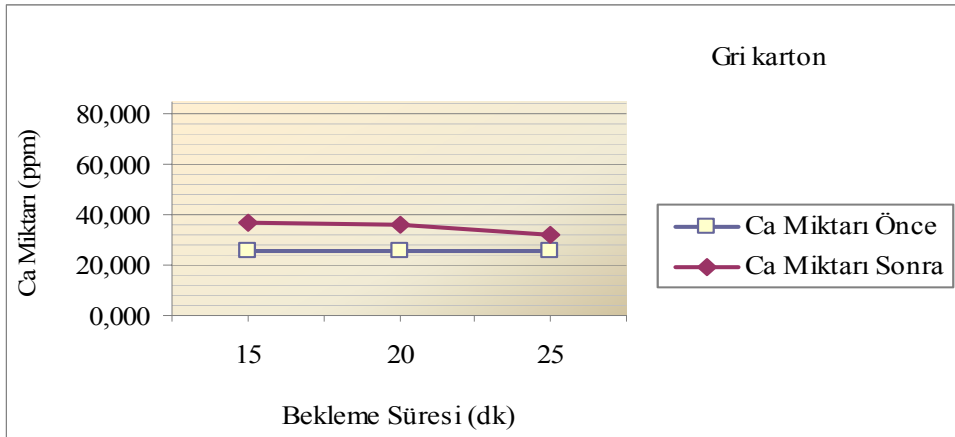
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

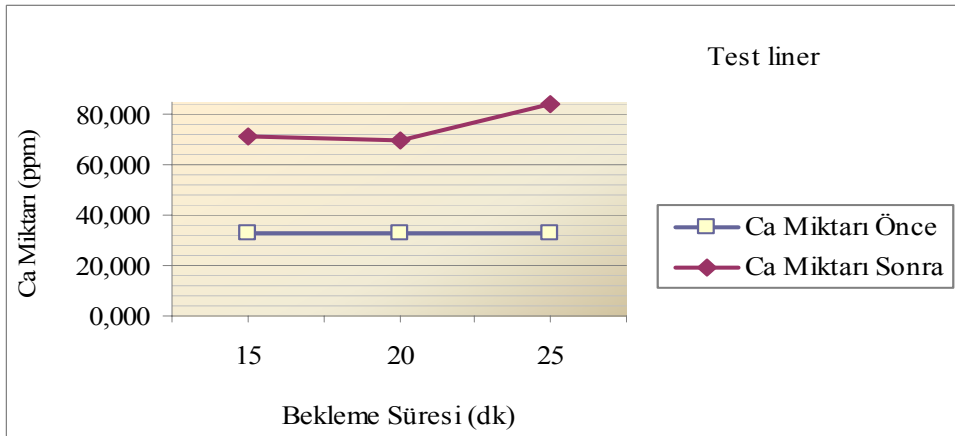
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.87. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C'de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.88. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.89. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Fluting, gri karton ve test liner atık suyuna uygulanan uçucu kül uygulamasında potasyum (K) miktarındaki değişim aşağıda verilen Çizelge 4.21. ve Şekil 4.90.-92.'ye bakıldığında; fluting atık suyunda potasyum miktarının üç kat, gri karton atık suyunda iki kat ve testliner atık suyunda yine iki kat arttığı görülmektedir. Buradan uçucu külün potasyumu adsorblamadığını ve bileşik halde bulunan potasyumu serbest bıraktığını söyleye biliriz.

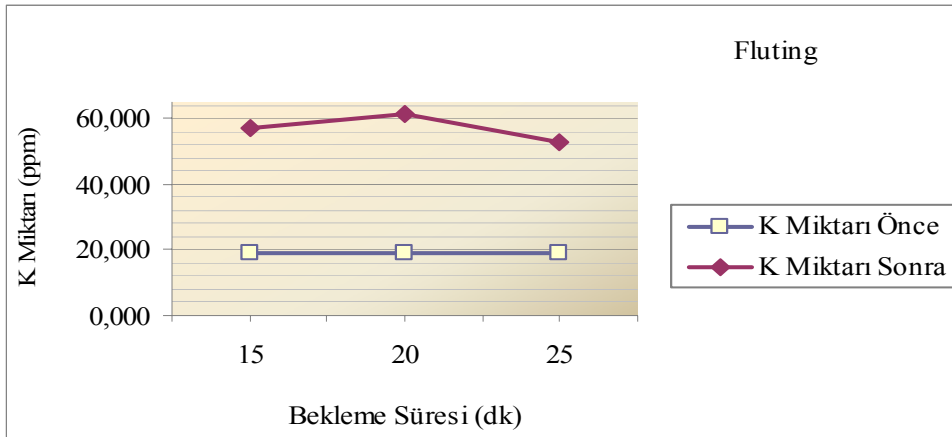
Çizelge 4.21. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C’de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında potasyum (K) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki potasyum (K) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH *	PAC mik.(gr)	pH **	Hypo mik.(gr)	pH ***	K Miktarı önce (ppm)	K Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	18.995	56.985	-200.00
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	18.995	61.206	-222.22
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	18.995	52.764	-177.77
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	25.327	52.764	-108.33
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	25.327	56.958	-124.89
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	25.327	59.078	-133.26
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	31.658	52.755	-66.64
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	31.658	54.875	-73.33
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	31.658	52.764	-66.67
10	Kuyu suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	6.331	-	-

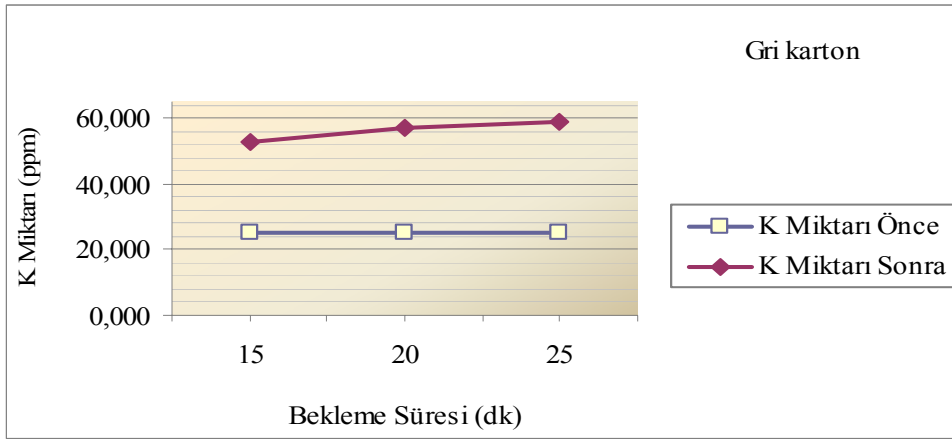
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

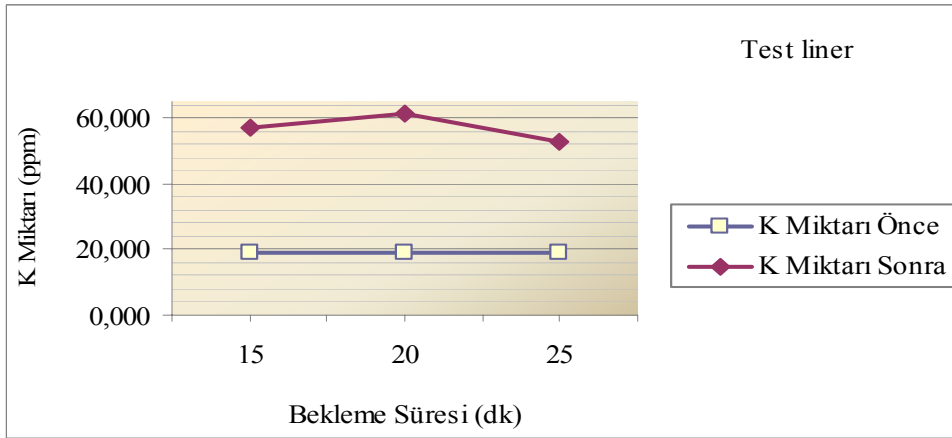
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.90. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.91. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.92. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Uçu kül uygulamasında fluting, gri karton ve testliner atık suyunda çinko (Zn) miktarındaki değişime Çizelge 4.22.ve Şekil 4.93.-95.’e baktığımızda; fluting atık suyunda başlangıçta 0.152 ppm olan miktarın 15 dakika bekleme süresi sonrasında 0.115 ppm’e, 20 dakika bekleme süresi sonrasında 0.133 ppm’e ve 25 dakika bekleme süresi sonrasında 0.105 ppm’e düştüğü ilk önce %24.34 oranında azaldığı sonra % 12.49 azalma olduğu ve en son olarakta %31.14 oranında olmuştur. Gri karton atık suyunda 15 ve 25 dakika bekleme sürelerinde 0.411 ppm olan başlangıç miktarın 0.134 ppm’e düşerek %67.47 oranında azaldığı ve 20 dakika bekleme süresinde 0.161 ppm’e düşerek %60.90 oranında bir azalma sağladığı görülmektedir. Test liner atık suyunda azalmanın aksine 15ve 25 dakika bekleme sürelerinde 20 dakika bekleme süresine göre yaklaşık iki kat artışı bulunmuştur.

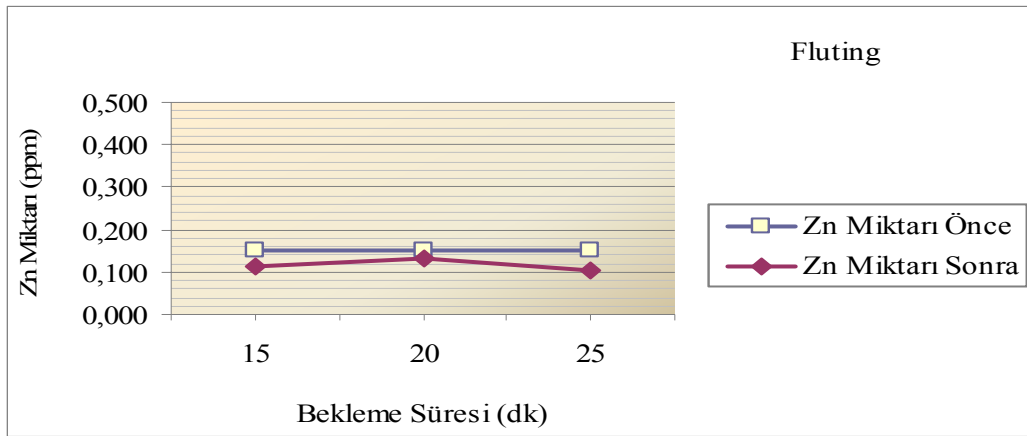
Çizelge 4.22. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C’de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında çinko (Zn) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki çinko (Zn) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH*	PAC mik.(gr)	pH**	Hypo mik.(gr)	pH***	Zn Miktarı önce (ppm)	Zn Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	0.152	0.115	24.34
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	0.152	0.133	12.49
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	0.152	0.105	31.14
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	0.411	0.135	67.15
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	0.411	0.161	60.90
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	0.411	0.134	67.47
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	0.182	0.289	-58.97
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	0.182	0.239	-31.13
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	0.182	0.302	-66.11
10	Kuyu suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-

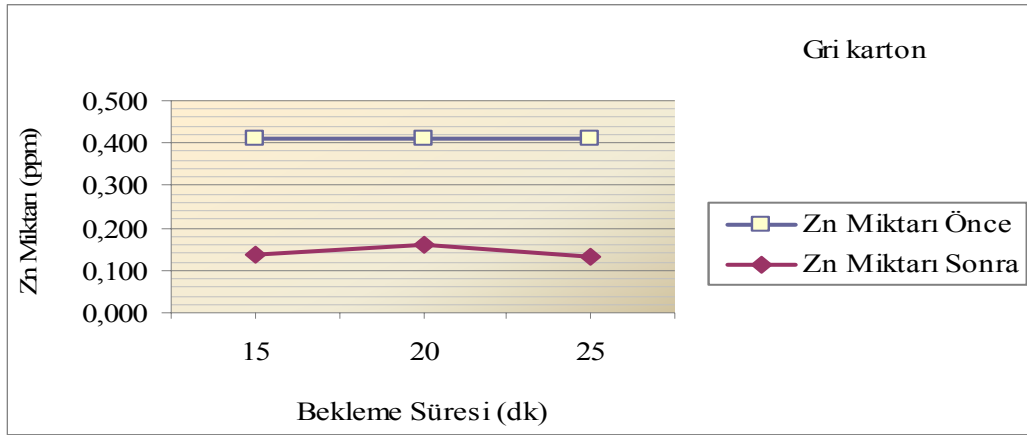
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

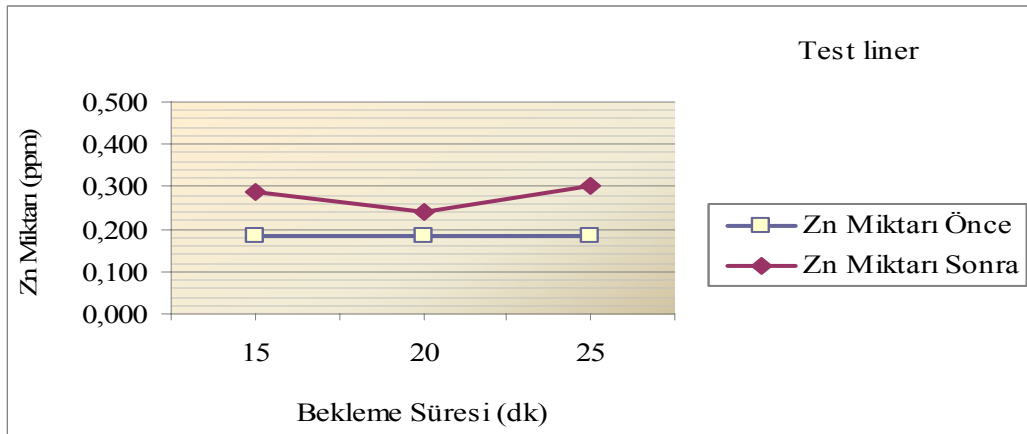
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.93. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.94. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.95. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Fluting, gri karton ve test liner atık suyuna uygulanan uçucu kül uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişime Çizelge 4.23. ve Şekil 4.96.-98.'e baktığımızda; her üç atık suya uygulanan uygulamada sürenin atmasıyla adsorplamanın az da olsa arttığı görülmektedir. Fluting atık suyunda başlangıçta 53.902 ppm olan miktarın 50.908 ppm'e kadar düşerek en fazla %5.55 oranında, gri karton atık suyunda 55.205 ppm olan magnezyum miktarının 51.264 ppm'e kadar düşerek en fazla %7.14 oranında, test liner atık suyunda ise 56.119 ppm olan magnezyum miktarının 49.988 ppm'e kadar düşerek en fazla %10.92 oranında azalma olduğu görülmektedir. Burada yine Çizelge 3.23.'e baktığımızda asıl magnezyum miktarındaki artışın kuyu suyunda geldiği görülmektedir.

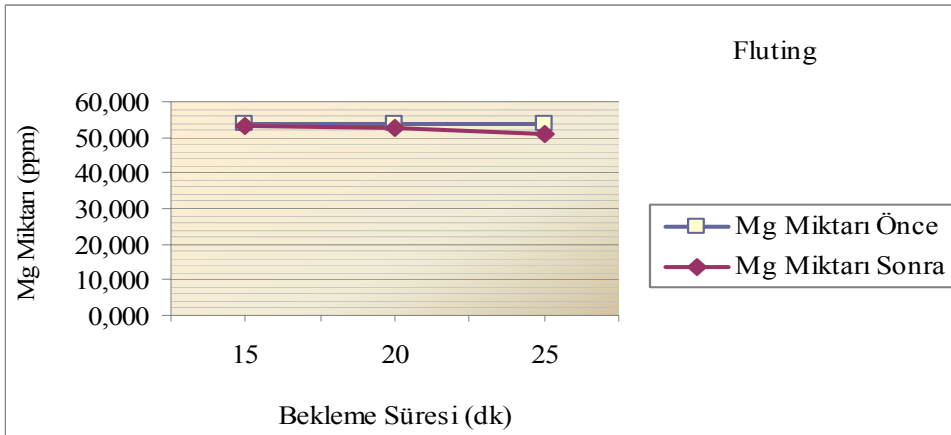
Çizelge 4.23. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C'de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında magnezyum (Mg) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki magnezyum (Mg) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH *	PAC mik.(gr)	pH **	Hypo mik.(gr)	pH ***	Mg Miktarı önce (ppm)	Mg Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	53.902	53.078	1.53
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	53.902	52.557	2.50
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	53.902	50.908	5.55
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	55.205	52.08	5.66
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	55.205	53.745	5.62
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	55.205	51.264	7.14
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	56.119	53.772	4.18
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	56.119	51.949	7.39
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	56.119	49.988	10.92
10	Kuyu suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	58.069	-	-

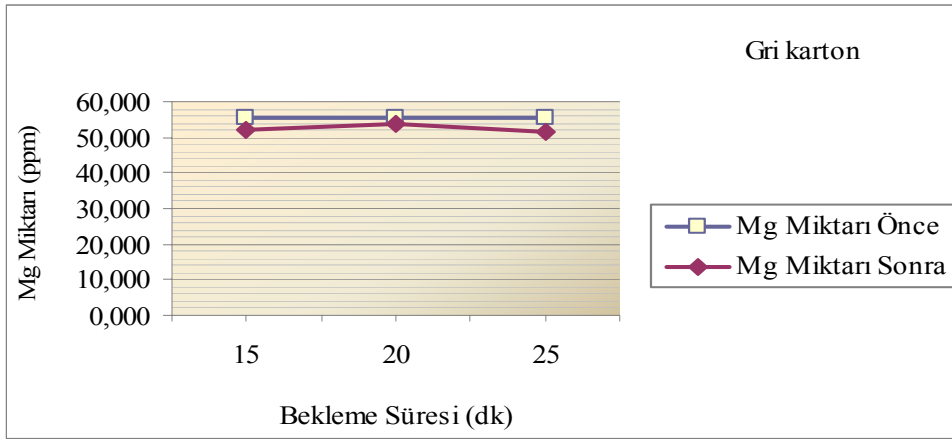
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

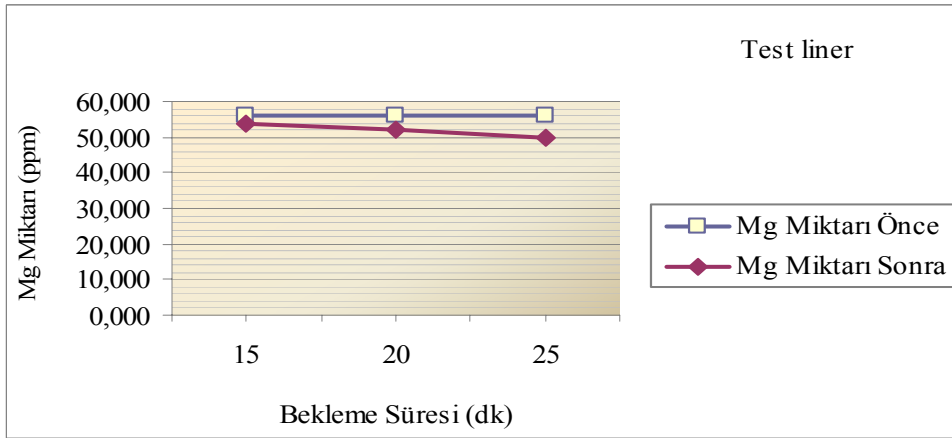
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.96. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C'de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.97. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.98. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Uçucu kül uygulaması sonrası bakır (Cu) miktarındaki değişime Çizelge 4.24. ve Şekil 4.99.-101.’e bakıldığında; fluting, gri karton ve test liner atık suyunda başlangıç miktarı 0.192 ppm olan bakırın 15 dakika bekleme sonrasında 0.092 ppm’e, 20 dakika bekleme sonrasında 0.111 ppm’e ve 25 dakika bekleme sonrasında 0.131 ppm’e düştüğü buradan sürenin artmasıyla azalmanın arttığı ve en fazla 15 dakika bekleme süresinde %53.23 oranında bir azalma olduğu görülmektedir. Gri karton atık suyunda 0.196 ppm olan başlangıç miktarının 15 dakika uçucu kül uygulamasında 0.131 ppm’e, 20 dakika bekleme süresi sonrasında 0.163 ppm’e ve 25 dakika bekleme süresi sonrasında 0.124 ppm’e düştüğü görülmüş, ilk önce %33.33 azalmadan sonra ikinci bekleme süresinde daha az azala olmuş ve en fazla 25 dakika bekleme süresinde %36.73 oranında en fazla azalma sağlanmıştır. Test liner atık suyunda gri kartona benzer bir azalma izlenmektedir. 15 dakika bekleme sonrasında 0.256 ppm olan başlangıç miktarı 0.111 ppm’e, 20 dakika bekleme sonrasında 0.137 ppm’e ve 25 dakika bekleme süresi sonrasında 0.085 ppm’e düşerek %66.92 oranında en fazla azalma oranı sağlanmıştır.

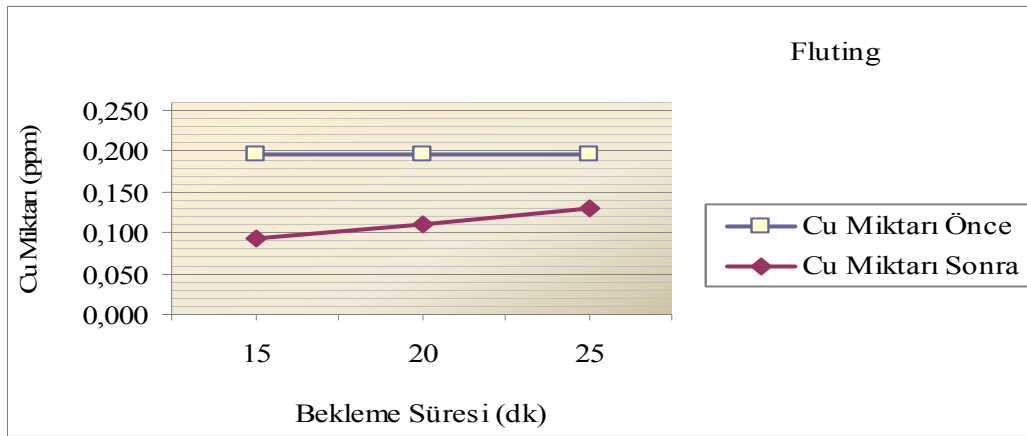
Çizelge 4.24. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C’de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında bakır (Cu) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki bakır (Cu) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH*	PAC mik.(gr)	pH**	Hypo mik.(gr)	pH***	Cu Miktarı önce (ppm)	Cu Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	0.196	0.092	53.23
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	0.196	0.111	43.36
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	0.196	0.131	33.16
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	0.196	0.131	33.33
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	0.196	0.163	16.66
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	0.196	0.124	36.73
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	0.256	0.111	56.64
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	0.256	0.137	46.48
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	0.256	0.085	66.92
10	Kuyu suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	0.039	-	-

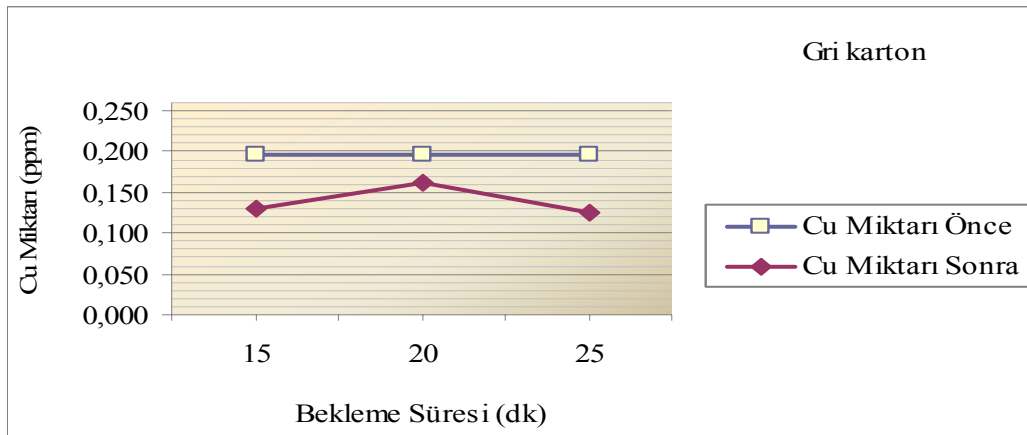
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

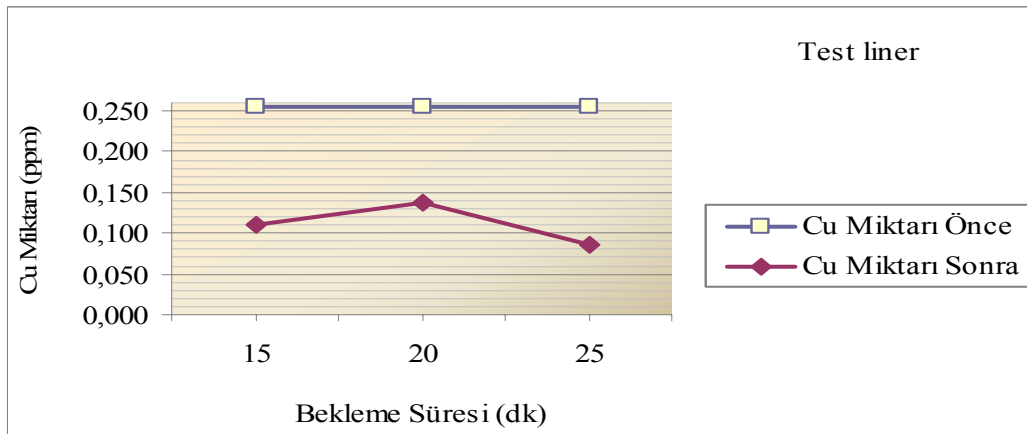
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.99. Fluting atık suyuna süreyle bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.100. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.101. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Flutin, gri karton ve test liner atık suyuna yapılan uçucu kül uygulaması ile kurşun (Pb) miktarındaki değişim aşağıda verilen Çizelge 4.25. ve Şekil 4.102.-104.'e bakıldığında; fluting atık suyunda 15, 20 ve 25 dakika bekleme süreleri sonrasında hemen hemen bir birine yakın sonular elde edilmiştir. 15 ve 20 dakika bekleme süreleri sonrasında %33.36 oranında, 25 dakika bekleme süresi sonrasında %30.58 oranında bir azalma görülmektedir. Gri karton atık suyunda azalma görülmemiş, testliner atık suyunda yalnız 15 dakika bekleme süresi sonrasında %4.82 oranında bir azalma görülmüştür.

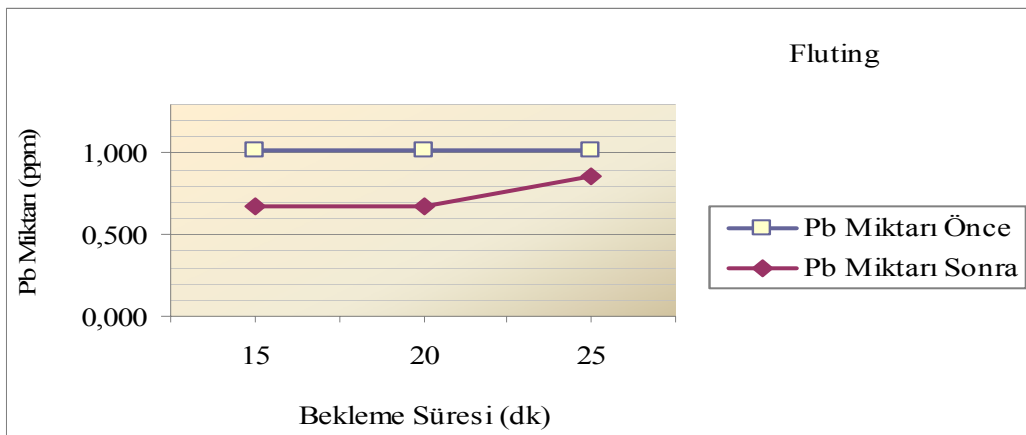
Çizelge 4.25. Fluting, Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C’de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında kurşun (Pb) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki kurşun (Pb) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH *	PAC mik.(gr)	pH **	Hypo mik.(gr)	pH ***	Pb Miktarı önce (ppm)	Pb Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	1.013	0.675	33.36
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	1.013	0.675	33.36
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	1.013	0.863	30.58
4	Gri karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	0.900	0.938	-4.19
5	Gri karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	0.900	1.275	-41.67
6	Gri karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	0.900	1.088	-20.89
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	0.788	0.75	4.82
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	0.788	0.862	-9.43
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	0.788	0.825	-4.69
10	Kuyu Suyu	500	7.70	-	-	-	-	-	-	-	0.450	-	-

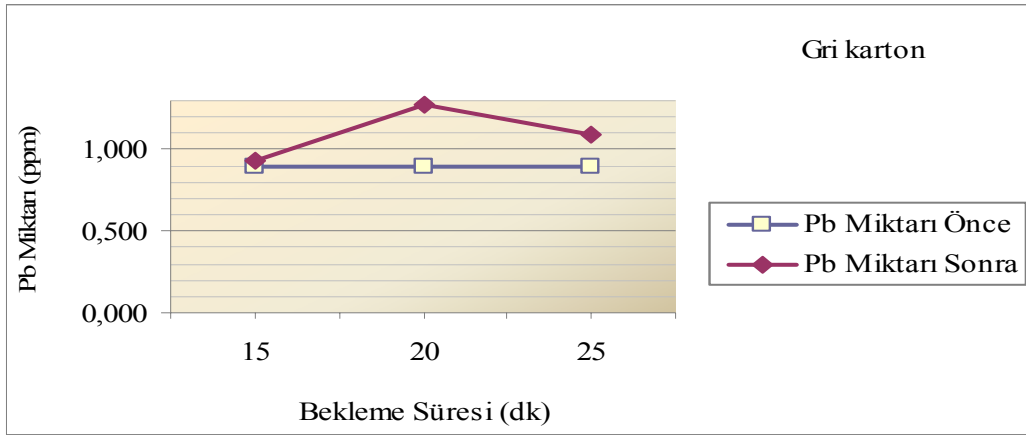
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

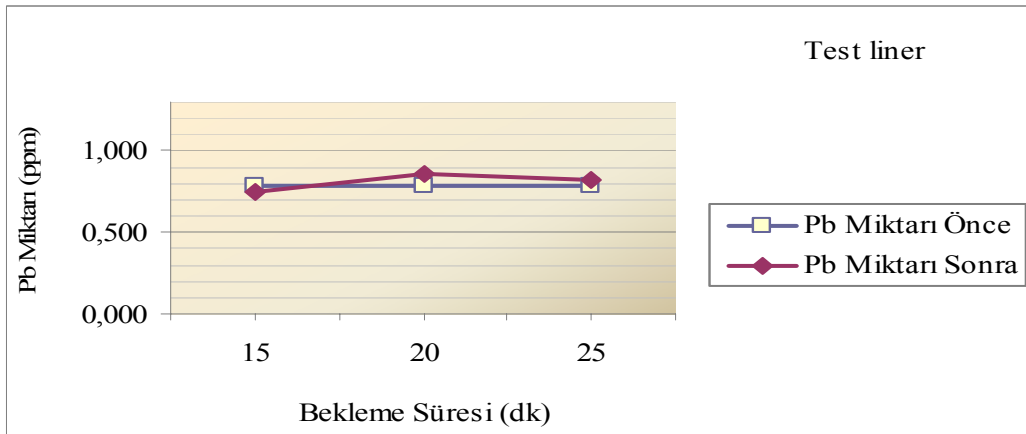
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.102. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kurşun (Pb) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.103. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kurşun (Pb) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.104. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kurşun (Pb) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Çizelge 4.26. ve Şekil 4.105.-107.’e fluting, gri karton ve test liner atık sularına uçucu kül uygulaması sonrası kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişime bakıldığında; fluting atık suyunda başlangıç miktarları 4190 mg/l, 3987mg/l ve 4120 mg/l olan kimyasal oksijen ihtiyaçlarının sırası ile 390 mg/l, 400 mg/l ve 357 mg/l’ye düştüğü görülmektedir. Gri karton atık suyunda başlangıç miktarları 2410 mg/l, 1930 mg/l ve 2460 mg/l olan kimyasal oksijen ihtiyacı miktarları sırası ile 830 mg/l, 630 mg/l ve 643 mg/l değerlerine düştüğü, test liner atık suyunda ise başlangıç miktarları 2523 mg/l, 2273 mg/l ve 2287 mg/l olan değerlerin 613 mg/l, 620 mg/l ve 580 mg/l’ye düşmüştür. Bu sonuçlar Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönelmeliğinde kağıt fabrikası için verilen değerlerin altına düştüğü görülmektedir. Dahiya ve Devi (2006), tuğla tozu külü, uçucu kül ve aktif karbon kullanarak evsel atık sularda kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi üzerine yapmış oldukları bilisel araştırma sonucunda; başlangıç kimyasal oksijen ihtiyacı değeri 1080 mg/l olan atık suyun tuğla tozu külü uygulamsında %87.2, uçucu kül uygulamsında %87.84, aktif karbon uygulamasında %99.35 oranında giderimini gerçekleştirmişlerdir.

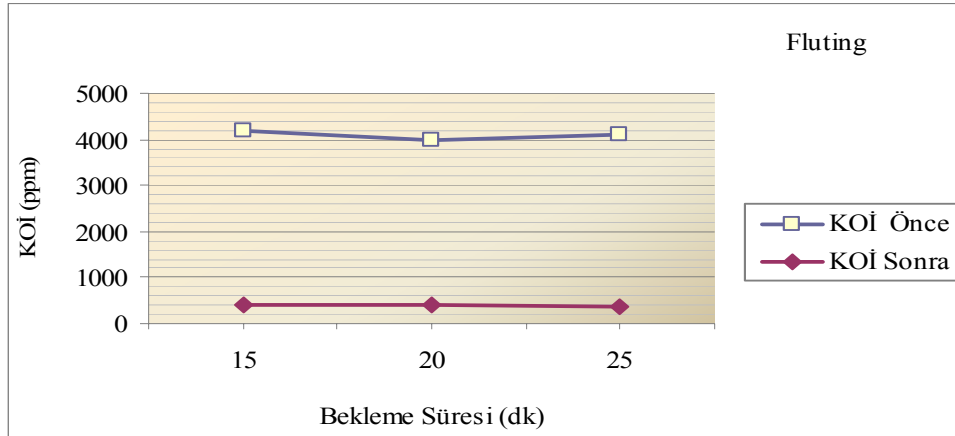
Çizelge 4.26. Fluting, Griir karton ve Test liner atık sularına 25 °C’de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarının değişimi ve değişim oranı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH*	PAC mik.(gr)	pH**	Hypo mik.(gr)	pH***	KOİ önce (ppm)	KOİ sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	4190	390	90.70
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	3987	400	89.70
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	4120	357	91.28
4	Griir karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	2410	830	65.71
5	Griir karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	1930	630	67.17
6	Griir karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	2460	643	73.55
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	2523	613	75.58
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	2273	620	72.74
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	2287	580	74.63

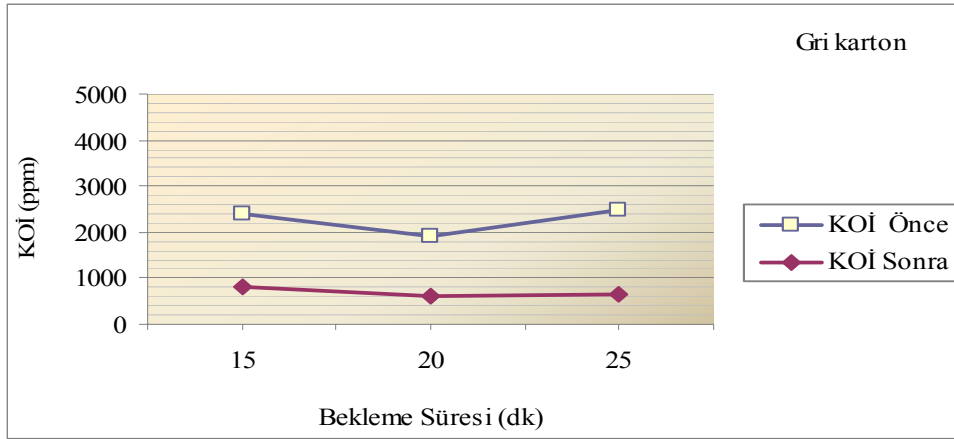
pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

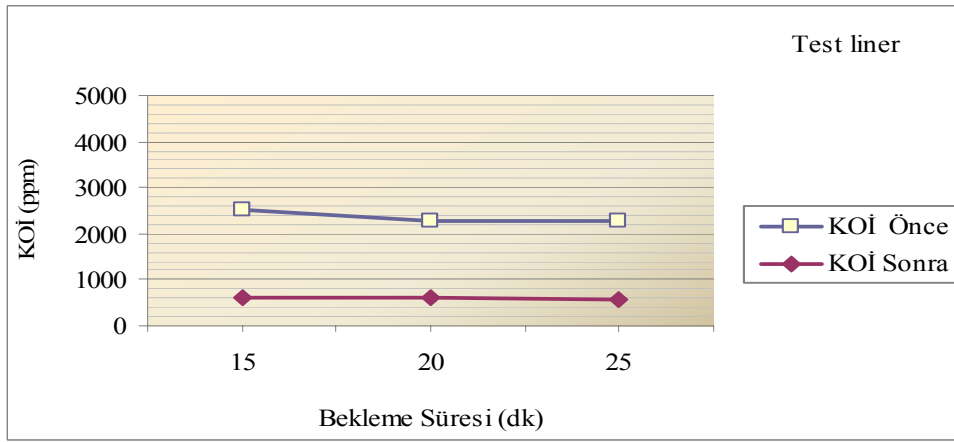
pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH



Şekil 4.105. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo=1 gr).

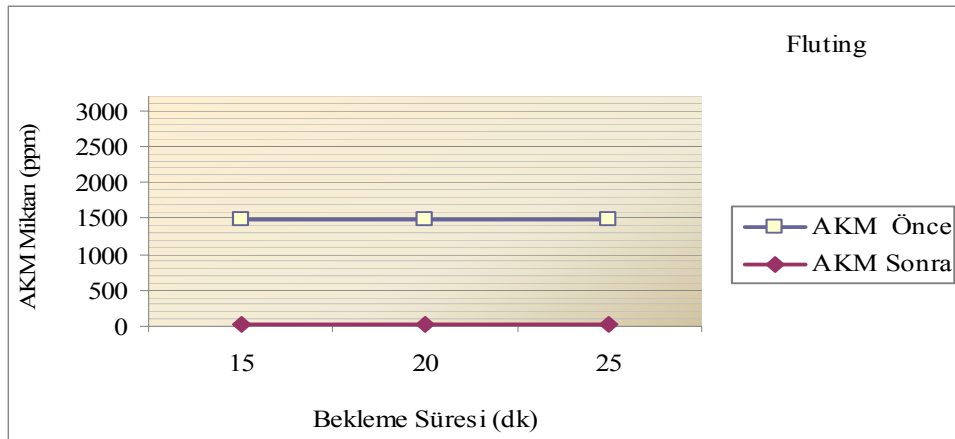


Şekil 4.106. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo=1 gr).

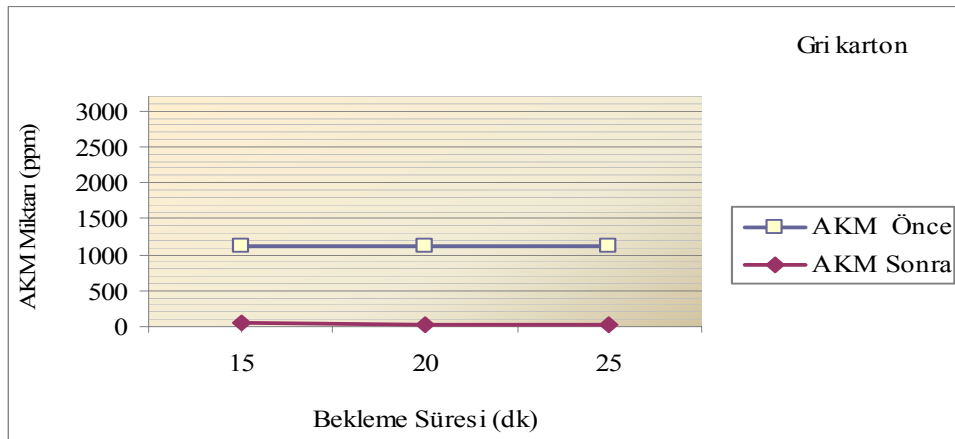


Şekil 4.107. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) miktarındaki değişim (25 °C’de. pac=1.5 gr ve hypo=1 gr).

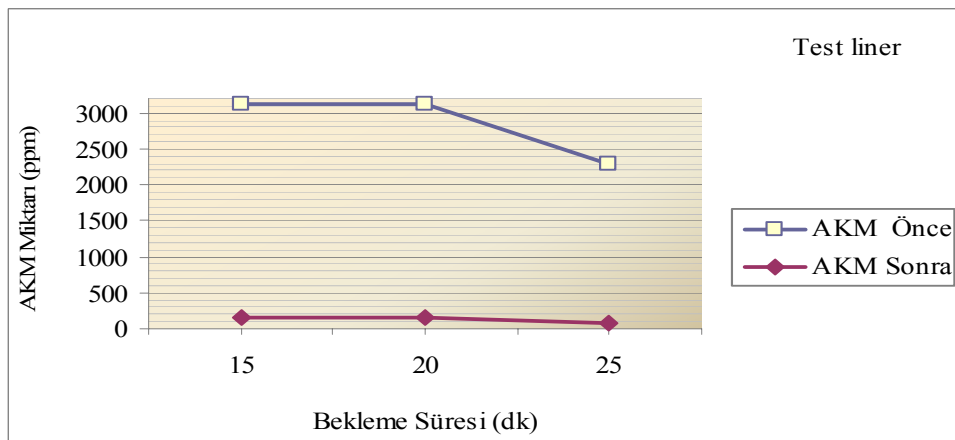
Şekil 4.108.-110. ve Çizelge 4.27.’de flutin, gri karton ve test liner atık sularına uygulanan uçucu kül uygulaması sonrası askıda katı madde (AKM) miktarlarına bakıldığında; fluting atık suyunda 1476 mg/l olan başlangıç miktarı 15, 20 ve 25 dakika bekleme süreleri sonrasında sırası ile 26 mg/l, 15 mg/l ve 23 mg/l miktarlarına ulaşılmış ve en fazla 20 dakika bekleme süresi sonrasında %98.98 oranında bir azalma görülmektedir. Gri karton atık suyuna uçucu kül uygulaması ile askıda katı madde miktarının başlangıçta 1122 mg/l olan değeri 15 dakika bekleme süresi uygulama sonrasında 50 mg/l’ye, 20 dakika bekleme sonrasında 19 mg/l’ye ve 25 dakika bekleme sonrasında 23 mg/l’ye düşerek en fazla azalmayı 20 dakika bekleme süresi sonrasında %98.24 oranında gerçekleştirmiştir. Test liner atık suyunda 3132 mg/l olan miktarın 15, 20 ve 25 dakika bekleme süreleri sonrasında sırası ile 144 mg/l, 165 mg/l ve 79 mg/l miktarlarına düştüğü görülmekte olup Çevre ve Orman Bakanlığı’nın Su Kirliliği Kontrol yönetmeliğinde kağıt fabrikası için verilen standart değerlerin altında sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.108. Fluting atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.109. Gri karton atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).



Şekil 4.110. Test liner atık suyuna süreye bağlı olarak yapılan uçucu kül uygulaması ile askıda katı madde (AKM) miktarındaki değişim (25 °C’de, pac=1.5 gr ve hypo =1 gr).

Çizelge 4.27. Fluting. Gri karton ve Test liner atık sularına 25 °C’de, 15 gr kül eklenip 15, 20 ve 25 dakika sürelerde magnetik karıştırıcıda karıştırılması ile yapılan uçucu kül uygulaması öncesi ve sonrasında askıda katı madde (AKM) miktarının değişimi ve değişim oranı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Bekleme süresi (dk)	Kül mik.(gr)	pH*	PAC mik.(gr)	pH**	Hypo mik.(gr)	pH***	AKM önce (ppm)	AKM sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Fluting	500	6.80	15	15.00	8.85	1.00	4.51	1.50	5.08	1476	26	98.19
2	Fluting	500	6.80	20	15.00	8.90	1.00	4.47	1.50	5.33	1476	15	98.98
3	Fluting	500	6.80	25	15.00	8.93	1.00	4.24	1.50	4.96	1476	23	98.39
4	Griir karton	500	6.68	15	15.00	8.86	1.00	5.52	1.50	6.36	1122	50	95.48
5	Griir karton	500	6.68	20	15.00	8.95	1.00	4.32	1.50	4.64	1122	19	98.24
6	Griir karton	500	6.68	25	15.00	8.54	1.00	4.31	1.50	4.65	1122	23	97.91
7	Test liner	500	6.71	15	15.00	8.77	1.00	5.24	1.50	6.13	3132	144	95.40
8	Test liner	500	6.71	20	15.00	8.81	1.00	5.62	1.50	6.02	3132	165	94.72
9	Test liner	500	6.71	25	15.00	8.80	1.00	4.93	1.50	5.47	2287	79	97.45

pH* : Kül ilavesi sonrası pH

pH** : PAC ilavesi sonrası pH

pH*** : Hypo ilavesi sonrası pH

4.4. Pit Uygulaması

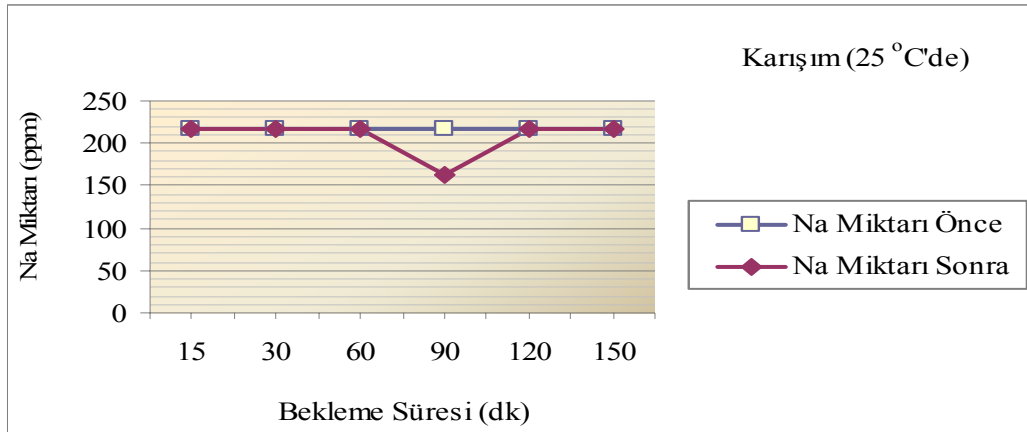
Fluting, gri karton, test liner, core board bu dört üretimin karışımı atık suyundan alınan 250 ml atık su numunelerine 2.5 gr pit ilave edilip 25, 35 ve 45 °C’ lerde, ve 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilerek pit uygulaması yapılmış. İşlem sonunda bazı inorganik madde miktarlarına bakılmış, Çizelge 4.28.-34.’de ve Şekil 4.111-131.’deki bulgular elde edilmiş, uygulamadan önceki miktarları ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

Karışım atık suyuna uygulanan pit uygulaması sonrasında sodyum (Na) miktarındaki değişim aşağıda verilen Çizelge 4.28. ve Şekil 4.111.-113.’deki sonuçlara baktığımızda; 25 °C sıcaklıkta yalnız 90 dakika bekleme süresi sonrasında 217 ppm olan başlağıçtaki sodyum miktarı 163 ppm’e düşerek %24.88 oranında bir azalma olmuş, 35 °C sıcaklıktaki bekleme sürelerinde herhangi bir değişim olmayıp 45 °C sıcaklıktaki 15, 90 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında yine 163 ppm’e düşerek %24.88 oranında bir azal sağlanmıştır.

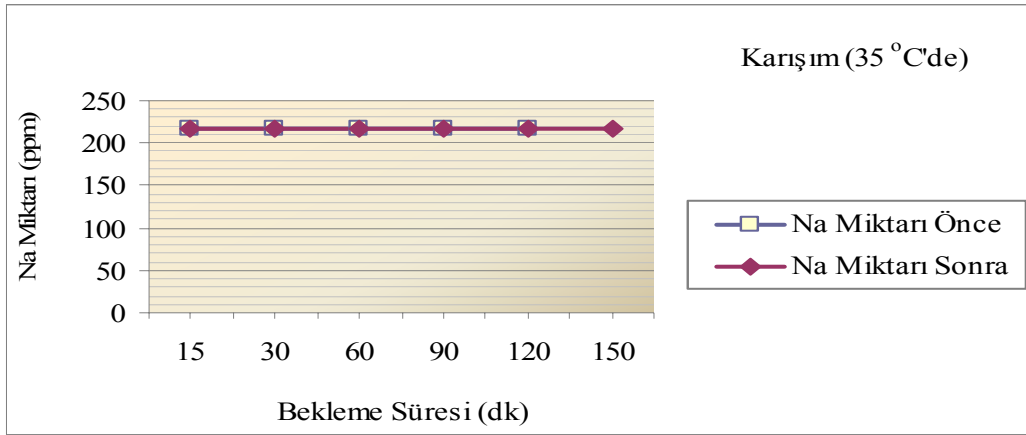
Çizelge 4.28. Karışım atık suyuna 25, 35 ve 45 °C’lerde, 2.5 gr pit eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilen pit uygulaması öncesi ve sonrasında sodyum (Na) miktarının değişimi, değişim oranı ve kuyu suyundaki sodyum (Na) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Pit mik.(gr)	pH*	Na Miktarı önce (ppm)	Na Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Karışım	250	6.85	25	15	2.50	6.81	217	217	0.00
2	Karışım	250	6.85	25	30	2.50	6.95	217	217	0.00
3	Karışım	250	6.85	25	60	2.50	6.95	217	217	0.00
4	Karışım	250	6.85	25	90	2.50	6.98	217	163	24.88
5	Karışım	250	6.85	25	120	2.50	7.05	217	217	0.00
6	Karışım	250	6.85	25	150	2.50	7.08	217	217	0.00
7	Karışım	250	6.85	35	15	2.50	7.00	217	217	0.00
8	Karışım	250	6.85	35	30	2.50	7.00	217	217	0.00
9	Karışım	250	6.85	35	60	2.50	6.51	217	217	0.00
10	Karışım	250	6.85	35	90	2.50	7.14	217	217	0.00
11	Karışım	250	6.85	35	120	2.50	6.98	217	217	0.00
12	Karışım	250	6.85	35	150	2.50	7.12	217	217	0.00
13	Karışım	250	6.85	45	15	2.50	7.12	217	163	24.88
14	Karışım	250	6.85	45	30	2.50	7.23	217	217	0.00
15	Karışım	250	6.85	45	60	2.50	7.26	217	217	0.00
16	Karışım	250	6.85	45	90	2.50	7.22	217	163	24.88
17	Karışım	250	6.85	45	120	2.50	7.15	217	217	0.00
18	Karışım	250	6.85	45	150	2.50	7.17	217	163	24.88
19	Kuyu Suyu	250	6.85	-	-	-	-	85.690	-	-

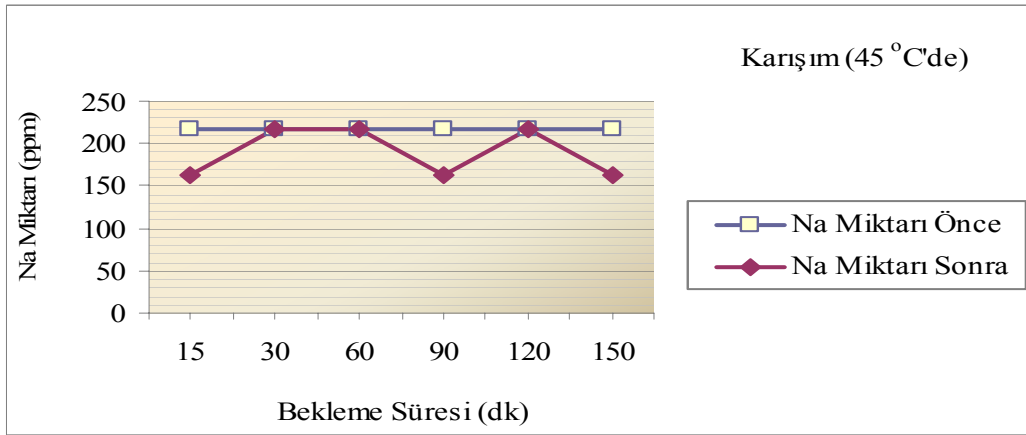
pH* : Pit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.111. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (25 °C’de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.112. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (35 °C'de, pit =2.5 gr).



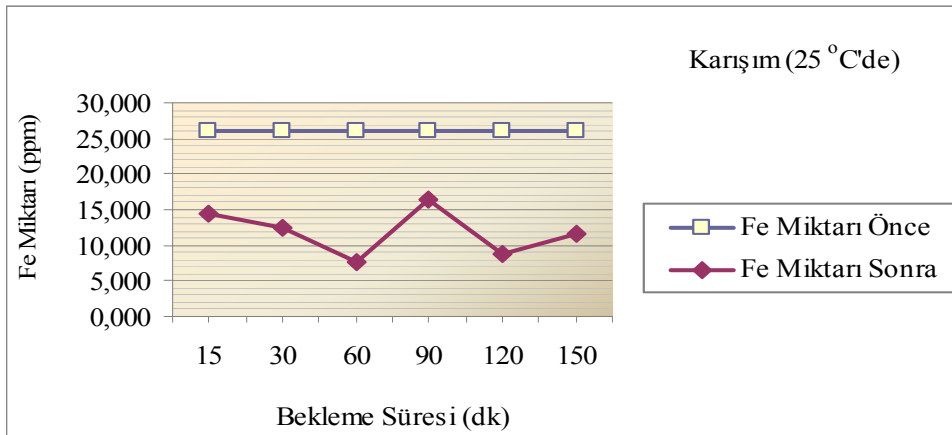
Şekil 4.113. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile sodyum (Na) miktarındaki değişim (45 °C'de, pit =2.5 gr).

Aşağıda verilen Çizelge 4.29. ve Şekil 4.114.-116.'da kaşım atık suyuna pit uygulaması sonrası sonuçlarına baktığımızda; 25 °C sıcaklıkta başlangıç değeri 26.040 ppm olan demir miktarının 15, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrası sırayla 14.460 ppm, 12.538 ppm, 7.716 ppm, 16.396 ppm, 8.680 ppm ve 11.574 ppm sonuçları elde edilmiş olup en fazla 120 dakika bekleme süresi sonrası %66.67 oranında azalma elde edilmiştir. 35 °C'de 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında sırası ile 16.396 ppm, 23.148 ppm, 21.219 ppm, 5.787 ppm, 21.219 ppm ve 18.325 ppm demir miktarlarına raslanmış olup yine 25 °C sıcaklıktaki gibi 90 dakika bekleme süresi sonrasında %77.78 oranında bir azalma sağlanmıştır. Son olarak 45 °C sıcaklıkta yapılan pit uygulaması ile 15, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında yine sırası ile bakıldığında 14.460 ppm, 19.290 ppm, 9.645 ppm, 15.430 ppm, 17.371 ppm ve 12.538 ppm demir olduğu görülmüş olup 45 °C sıcaklıkta 25 °C ve 35 °C sıcaklıkta yapılan pit uygulamasından farklı olarak 60 dakika bekleme süresinde %62.96 en fazla demir miktarında azalma oranı sağlanmıştır. Acemioğlu (2004), kızılçam kabukları ile sulu ortamdan Fe (II) iyonlarının giderilmesini çalışmış ve ortalama %55–66 arasında demir iyonları ortamdaki uzaklaştırılmıştır.

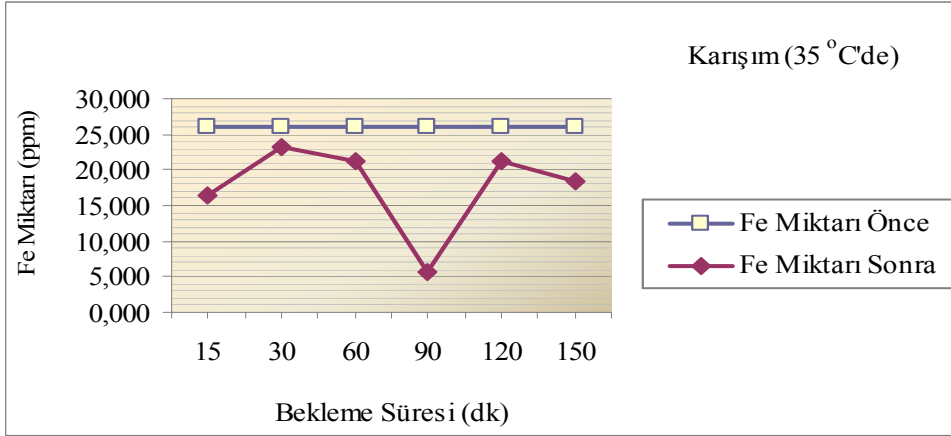
Çizelge 4.29. Karışım atık suyuna 25, 35 ve 45 °C’lerde, 2.5 gr pit eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilen pit uygulaması öncesi ve sonrasında demir (Fe) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki (Fe) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Pit mik.(gr)	pH*	Fe Miktarı önce (ppm)	Fe Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Karışım	250	6.85	25	15	2.50	6.81	26	14	44.47
2	Karışım	250	6.85	25	30	2.50	6.95	26	13	51.85
3	Karışım	250	6.85	25	60	2.50	6.95	26	8	70.37
4	Karışım	250	6.85	25	90	2.50	6.98	26	16	37.04
5	Karışım	250	6.85	25	120	2.50	7.05	26	9	66.67
6	Karışım	250	6.85	25	150	2.50	7.08	26	12	55.55
7	Karışım	250	6.85	35	15	2.50	7.00	26	16	37.04
8	Karışım	250	6.85	35	30	2.50	7.00	26	23	11.11
9	Karışım	250	6.85	35	60	2.50	6.51	26	21	18.51
10	Karışım	250	6.85	35	90	2.50	7.14	26	6	77.78
11	Karışım	250	6.85	35	120	2.50	6.98	26	21	18.51
12	Karışım	250	6.85	35	150	2.50	7.12	26	18	29.63
13	Karışım	250	6.85	45	15	2.50	7.12	26	14	44.47
14	Karışım	250	6.85	45	30	2.50	7.23	26	19	25.92
15	Karışım	250	6.85	45	60	2.50	7.26	26	10	62.96
16	Karışım	250	6.85	45	90	2.50	7.22	26	15	40.75
17	Karışım	250	6.85	45	120	2.50	7.15	26	17	33.33
18	Karışım	250	6.85	45	150	2.50	7.17	26	13	51.85
19	Kuyu Suyu	250	6.85	-	-	-	-	2.507	-	-

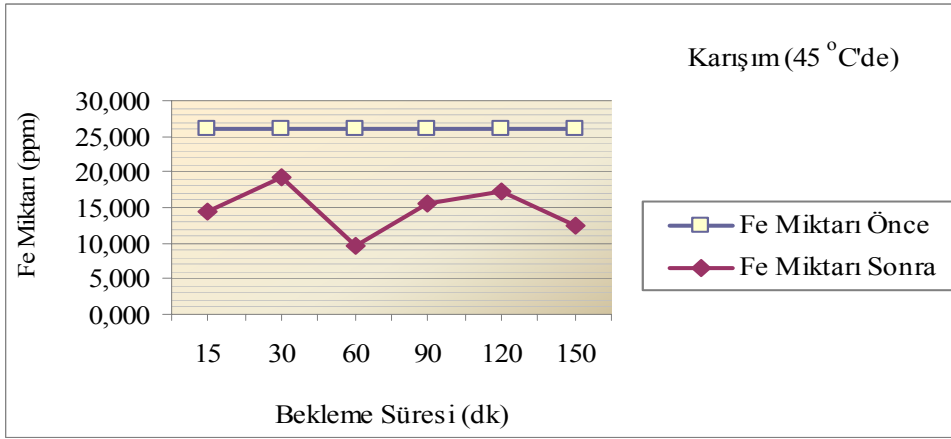
pH* : Pit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.114. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (25 °C’de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.115. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (35 °C'de, pit =2.5 gr).



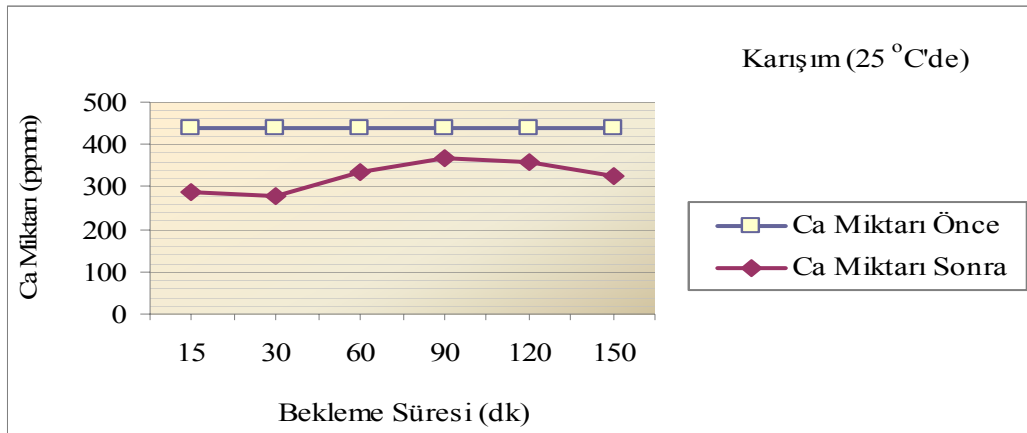
Şekil 4.116. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile demir (Fe) miktarındaki değişim (45 °C'de, pit =2.5 gr).

Çizelge 4.30. ve Şekil 4.117.-119.'da kaşım atık suyuna pit uygulaması sonrası sonuçlarına baktığımızda; 25 °C sıcaklıkta başlangıç değeri 440 ppm olan kalsiyum (Ca) miktarının 15, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrası sırayla 287 ppm, 276 ppm, 335 ppm, 370 ppm, 359 ppm ve 326 ppm sonuçları elde edilmiş, en fazla 30 dakika bekleme süresi sonrası %34.77 oranında azalma sağlanmıştır. 35 °C'de 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında sırası ile 294 ppm, 318 ppm, 406 ppm, 309 ppm, 296 ppm ve 317 ppm kalsiyum miktarlarına raslanmış olup en fazla 15 dakika bekleme sonrasında %33.18 oranında bir azalma sağlanmıştır. 45 °C sıcaklıkta yapılan pit uygulaması ile 15, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında yine sırası ile bakıldığında 346 ppm, 319 ppm, 306 ppm, 343 ppm, 386 ppm ve 327 ppm kalsiyum olduğu görülmüş, en fazla azalma oranı 60 dakika bekleme süresinde %30.45 oranında azalma sağladığı görülmektedir.

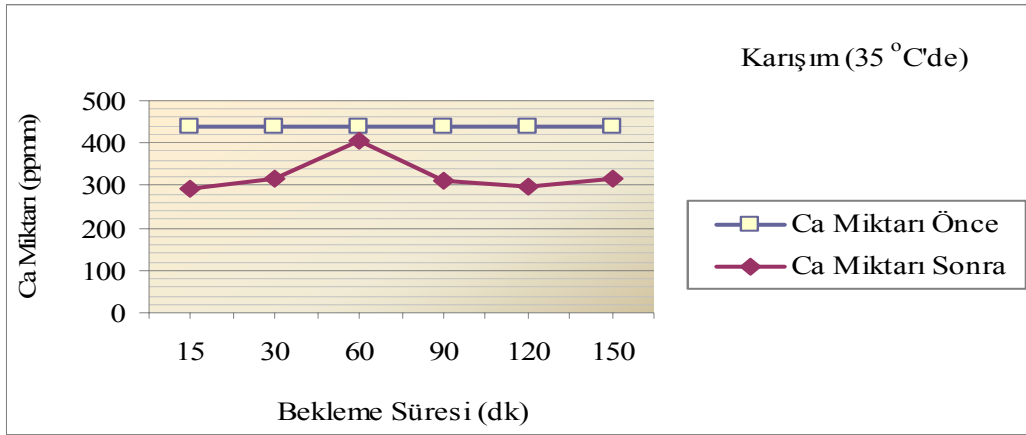
Çizelge 4.30. Karışım atık suyuna 25, 35 ve 45 °C’lerde, 2.5 gr pit eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilen pit uygulaması öncesi ve sonrasında kalsiyum (Ca) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki (Ca) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Pit mik.(gr)	pH*	Ca Miktarı önce (ppm)	Ca Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Karışım	250	6.85	25	15	2.50	6.81	440	287	34.77
2	Karışım	250	6.85	25	30	2.50	6.95	440	276	37.27
3	Karışım	250	6.85	25	60	2.50	6.95	440	335	23.86
4	Karışım	250	6.85	25	90	2.50	6.98	440	370	15.91
5	Karışım	250	6.85	25	120	2.50	7.05	440	359	18.41
6	Karışım	250	6.85	25	150	2.50	7.08	440	326	25.91
7	Karışım	250	6.85	35	15	2.50	7.00	440	294	33.18
8	Karışım	250	6.85	35	30	2.50	7.00	440	318	27.73
9	Karışım	250	6.85	35	60	2.50	6.51	440	406	7.73
10	Karışım	250	6.85	35	90	2.50	7.14	440	309	29.77
11	Karışım	250	6.85	35	120	2.50	6.98	440	296	32.73
12	Karışım	250	6.85	35	150	2.50	7.12	440	317	27.95
13	Karışım	250	6.85	45	15	2.50	7.12	440	346	21.36
14	Karışım	250	6.85	45	30	2.50	7.23	440	319	27.50
15	Karışım	250	6.85	45	60	2.50	7.26	440	306	30.45
16	Karışım	250	6.85	45	90	2.50	7.22	440	343	22.05
17	Karışım	250	6.85	45	120	2.50	7.15	440	386	12.27
18	Karışım	250	6.85	45	150	2.50	7.17	440	327	25.68
19	Kuyu Suyu	250	6.85	-	-	-	-	55.644	-	-

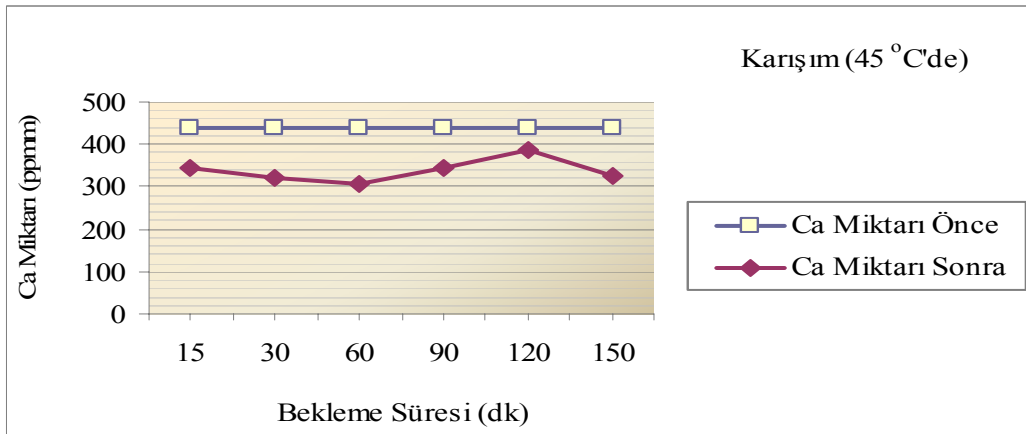
pH* : Pit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.117. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (25 °C’de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.118. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (35 °C’de, pit =2.5gr).



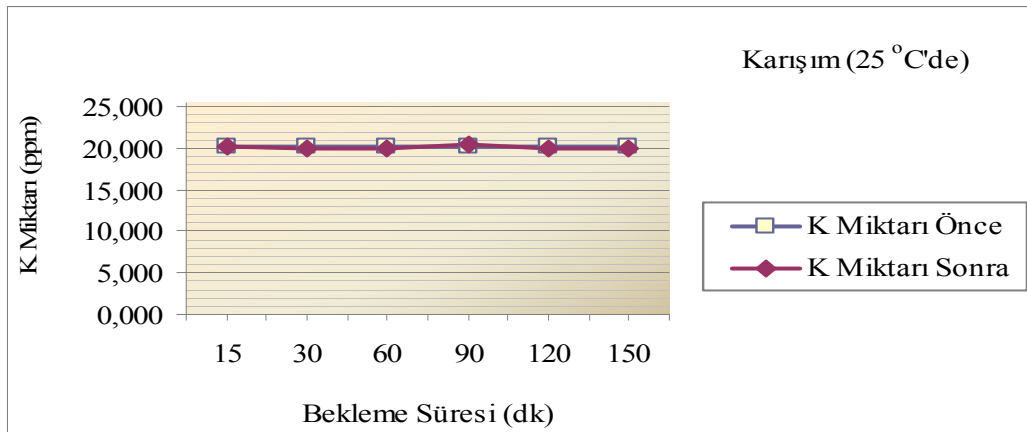
Şekil 4.119. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile kalsiyum (Ca) miktarındaki değişim (45 °C’de, pit =2.5gr).

Karışım atık suyuna pit ile yapılan uygulamda aşağıda verilen Çizelge 4.31. ve Şekil 4.120-122.’ye baktığımızda potasyum (K) miktarında herhangi bir azalma olmayıp aksine 25 °C sıcaklıkta 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme sürelerinde ve yine 35 °C’de 15 ve 30 dakika bekleme sürelerinde son olarakta 45 °C sıcaklıkta 15, 30, 60 ve 90 dakika bekleme sürelerinde artma olduğu diğerlerinde herhangi bir değişim olmadığı görülmüştür.

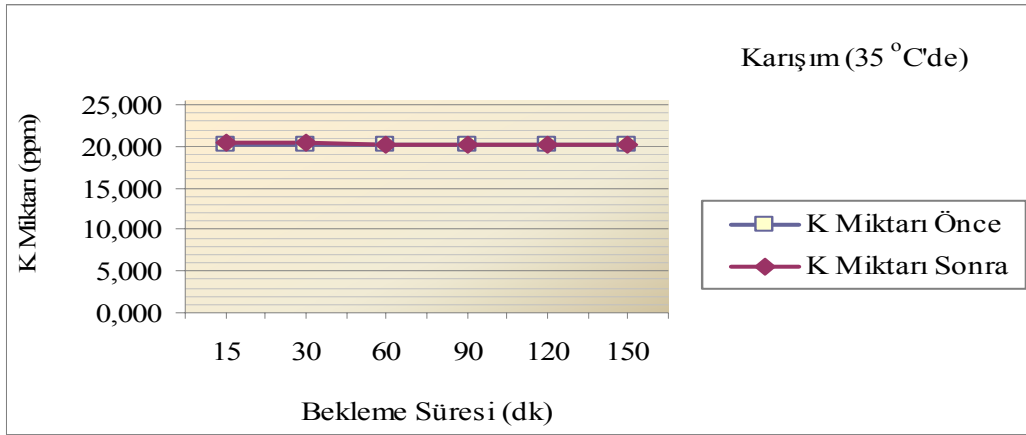
Çizelge 4.31. Karışım atık suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2.5 gr pit eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilen pit uygulaması öncesi ve sonrasında potasyum (K) miktarı, değişim oranı ve kuyusuyundaki (K) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Pit mik.(gr)	pH*	K Miktarı önce (ppm)	K Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Karışım	250	6.85	25	15	2.50	6.81	20	20	0.00
2	Karışım	250	6.85	25	30	2.50	6.95	20	20	1.47
3	Karışım	250	6.85	25	60	2.50	6.95	20	20	1.47
4	Karışım	250	6.85	25	90	2.50	6.98	20	20	-1.47
5	Karışım	250	6.85	25	120	2.50	7.05	20	20	1.47
6	Karışım	250	6.85	25	150	2.50	7.08	20	20	1.47
7	Karışım	250	6.85	35	15	2.50	7.00	20	20	-1.47
8	Karışım	250	6.85	35	30	2.50	7.00	20	20	-1.47
9	Karışım	250	6.85	35	60	2.50	6.51	20	20	0.00
10	Karışım	250	6.85	35	90	2.50	7.14	20	20	0.00
11	Karışım	250	6.85	35	120	2.50	6.98	20	20	0.00
12	Karışım	250	6.85	35	150	2.50	7.12	20	20	0.00
13	Karışım	250	6.85	45	15	2.50	7.12	20	20	-1.47
14	Karışım	250	6.85	45	30	2.50	7.23	20	21	-2.94
15	Karışım	250	6.85	45	60	2.50	7.26	20	21	-4.41
16	Karışım	250	6.85	45	90	2.50	7.22	20	20	-1.47
17	Karışım	250	6.85	45	120	2.50	7.15	20	20	0.00
18	Karışım	250	6.85	45	150	2.50	7.17	20	20	0.00
19	Kuyu Suyu	250	6.85	-	-	-	-	6.331	-	-

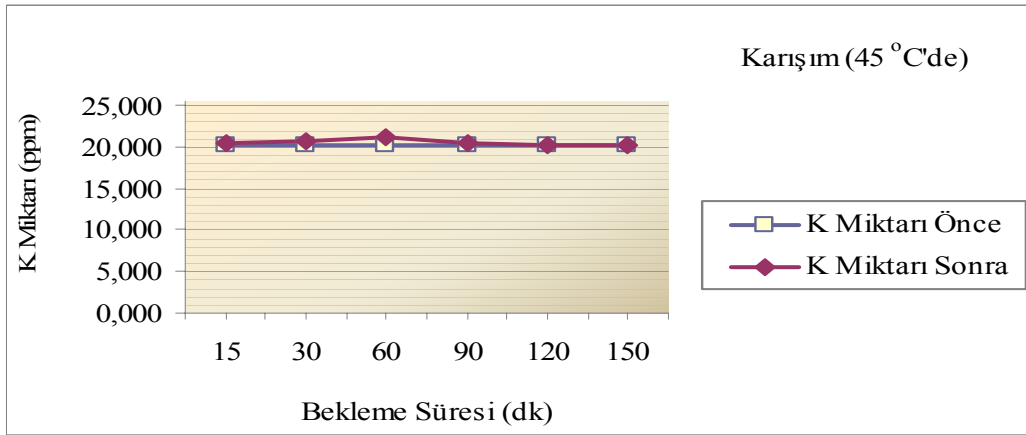
pH* : Pit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.120. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (25 °C'de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.121. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (35 °C'de, pit =2.5 gr).



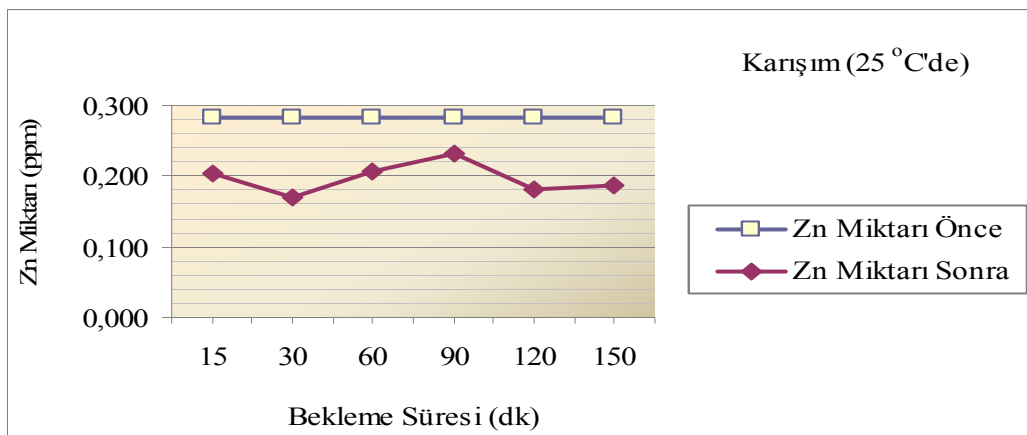
Şekil 4.122. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile potasyum (K) miktarındaki değişim (45 °C'de, pit =2.5gr).

Karışım atık suyuna 25 °C, 35 °C ve 45 °C sıcaklıklarda uygulanan pit uygulamasında çinko (Zn) miktarı aşağıda verilen Çizelge 4.32 ve Şekil 4.123.-125.'e bakıldığında; 25 °C'de 15, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında çinko miktarı sırası ile 0.203 ppm, 0.169 ppm, 0.208 ppm, 0.233 ppm, 0.182 ppm ve 0.186 ppm' düşmüş, 35 °C sıcaklıkta 15, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında, 0.225 ppm, 0.169 ppm, 0.169 ppm, 0.195 ppm, 0.182 ppm ve 0.165 ppm'e düşmüştür. 45 °C sıcaklıkta ise sırası ile 0.208 ppm, 0.237 ppm, 0.165 ppm, 0.182 ppm, 0.174 ppm, 0.153 ppm'e düşmüş olup en iyi sonuç 45 °C sıcaklıkta 150 dakika bekleme süresi sonrasında %45.95 azalma oranı sağlanmıştır. Seelsaen ve ark. (2007), çalkalama metodu kullanarak yağmur sularında çözünmemiş ağır metal uzaklaştırılması üzerine yapmış oldukları araştırmada Zn^{2+} %88 giderimini sağlamışlardır.

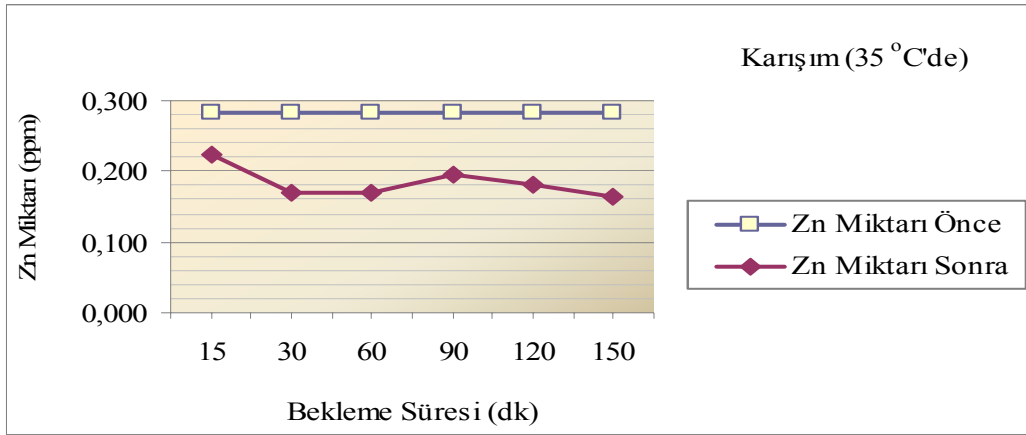
Çizelge 4.32. Karışım atık suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2.5 gr pit eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilen pit uygulaması öncesi ve sonrasında çinko (Zn) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki (Zn) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Pit mik.(gr)	pH*	Zn Miktarı önce (ppm)	Zn Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Karışım	250	6.85	25	15	2.50	6.81	0	0	28.27
2	Karışım	250	6.85	25	30	2.50	6.95	0	0	40.28
3	Karışım	250	6.85	25	60	2.50	6.95	0	0	26.50
4	Karışım	250	6.85	25	90	2.50	6.98	0	0	17.67
5	Karışım	250	6.85	25	120	2.50	7.05	0	0	35.69
6	Karışım	250	6.85	25	150	2.50	7.08	0	0	34.28
7	Karışım	250	6.85	35	15	2.50	7.00	0	0	20.49
8	Karışım	250	6.85	35	30	2.50	7.00	0	0	40.28
9	Karışım	250	6.85	35	60	2.50	6.51	0	0	40.28
10	Karışım	250	6.85	35	90	2.50	7.14	0	0	31.10
11	Karışım	250	6.85	35	120	2.50	6.98	0	0	35.69
12	Karışım	250	6.85	35	150	2.50	7.12	0	0	41.70
13	Karışım	250	6.85	45	15	2.50	7.12	0	0	26.50
14	Karışım	250	6.85	45	30	2.50	7.23	0	0	16.25
15	Karışım	250	6.85	45	60	2.50	7.26	0	0	41.70
16	Karışım	250	6.85	45	90	2.50	7.22	0	0	35.69
17	Karışım	250	6.85	45	120	2.50	7.15	0	0	38.52
18	Karışım	250	6.85	45	150	2.50	7.17	0	0	45.95
19	Kuyu Suyu	250	6.85	-	-	-	-	0.020	-	-

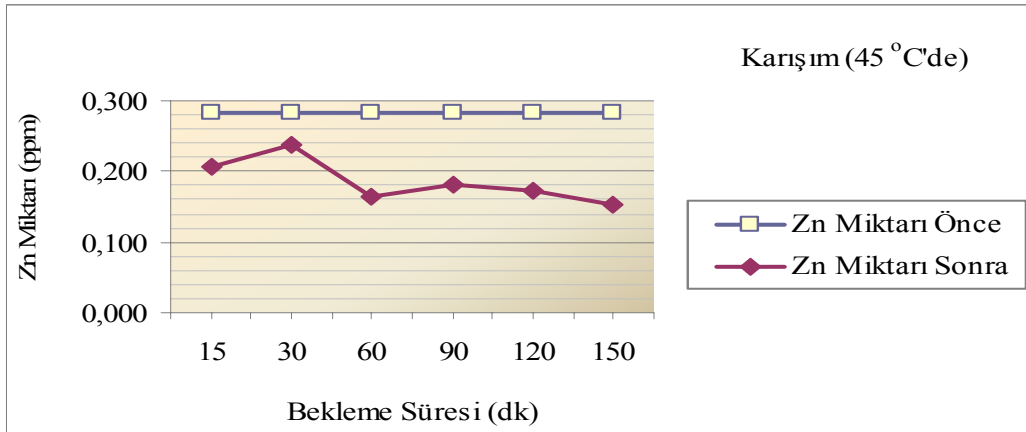
pH* : Pit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.123. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (25 °C'de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.124. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (35 °C'de, pit =2.5 gr).



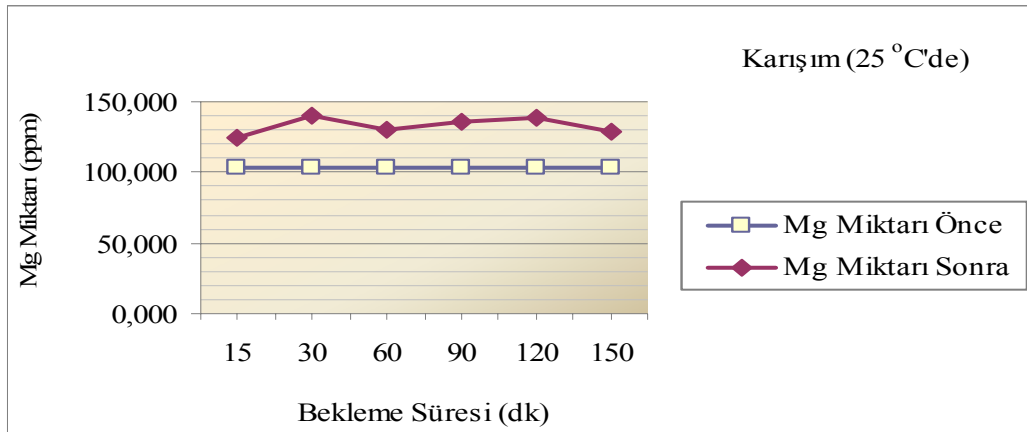
Şekil 4.125. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile çinko (Zn) miktarındaki değişim (45 °C'de, pit =2.5 gr).

25 °C, 35 °C ve 45 °C sıcaklıklarda ki karışım atık suyuna yapılan pit uygulamasında aşağıda verilen Çizelge 4.33. ve Şekil 4.126-128.'de görüldüğü gibi magnezyum (Mg) miktarında azalmanın aksine artma oldu bunuda yarısından falasının kullanılan kuyu suyundan kaynaklanmakta olduğu görülmektedir. En az artmanın 45 °C sıcaklıkta 30 dakika bekleme süresi sonrasında %11.85 oranında, en fazla artmanın 25 °C sıcaklıkta yine 30 dakika bekleme süresi sonunda %34.33 oranında olduğu görülmektedir.

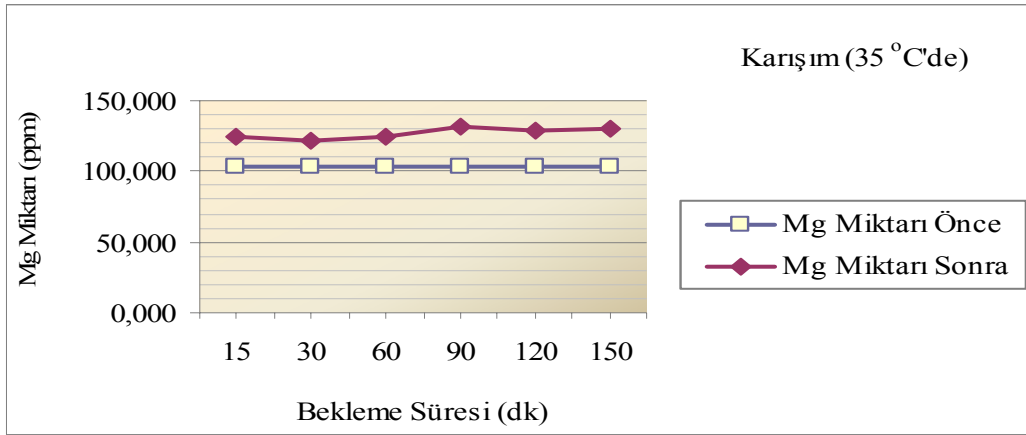
Çizelge 4.33. Karışım atık suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2.5 gr pit eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilen pit uygulaması öncesi ve sonrasında magnezyum (Mg) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki (Mg) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Pit mik.(gr)	pH*	Mg Miktarı önce (ppm)	Mg Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Karışım	250	6.85	25	15	2.50	6.81	104	124	-19.50
2	Karışım	250	6.85	25	30	2.50	6.95	104	140	-34.33
3	Karışım	250	6.85	25	60	2.50	6.95	104	130	-25.00
4	Karışım	250	6.85	25	90	2.50	6.98	104	136	-31.15
5	Karışım	250	6.85	25	120	2.50	7.05	104	138	-32.92
6	Karışım	250	6.85	25	150	2.50	7.08	104	128	-23.69
7	Karışım	250	6.85	35	15	2.50	7.00	104	124	-19.37
8	Karışım	250	6.85	35	30	2.50	7.00	104	122	-17.08
9	Karışım	250	6.85	35	60	2.50	6.51	104	125	-20.48
10	Karışım	250	6.85	35	90	2.50	7.14	104	131	-26.44
11	Karışım	250	6.85	35	120	2.50	6.98	104	129	-24.15
12	Karışım	250	6.85	35	150	2.50	7.12	104	130	-25.20
13	Karışım	250	6.85	45	15	2.50	7.12	104	126	-21.01
14	Karışım	250	6.85	45	30	2.50	7.23	104	116	-11.85
15	Karışım	250	6.85	45	60	2.50	7.26	104	138	-33.31
16	Karışım	250	6.85	45	90	2.50	7.22	104	129	-23.76
17	Karışım	250	6.85	45	120	2.50	7.15	104	128	-22.97
18	Karışım	250	6.85	45	150	2.50	7.17	104	136	-31.15
19	Kuyu Suyu	250	6.85	-	-	-	-	58.069	-	-

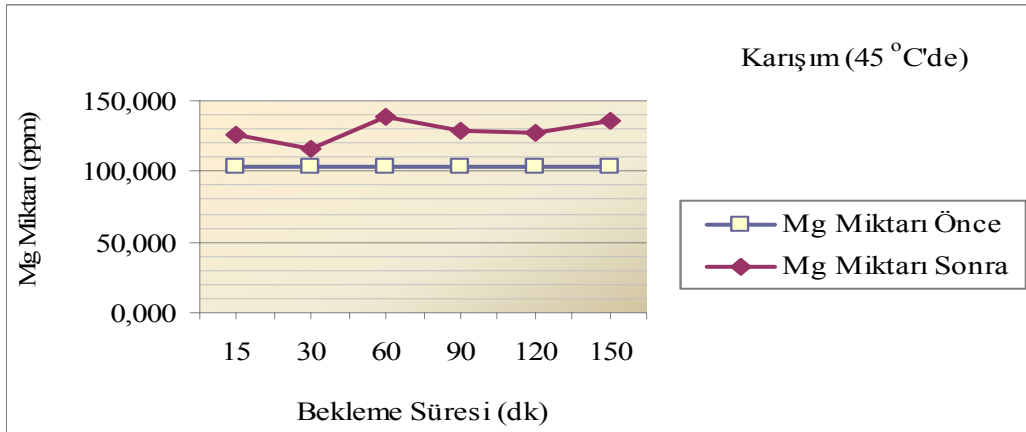
pH* : Pit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.126. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (25 °C'de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.127. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (35 °C'de, pit =2.5 gr).



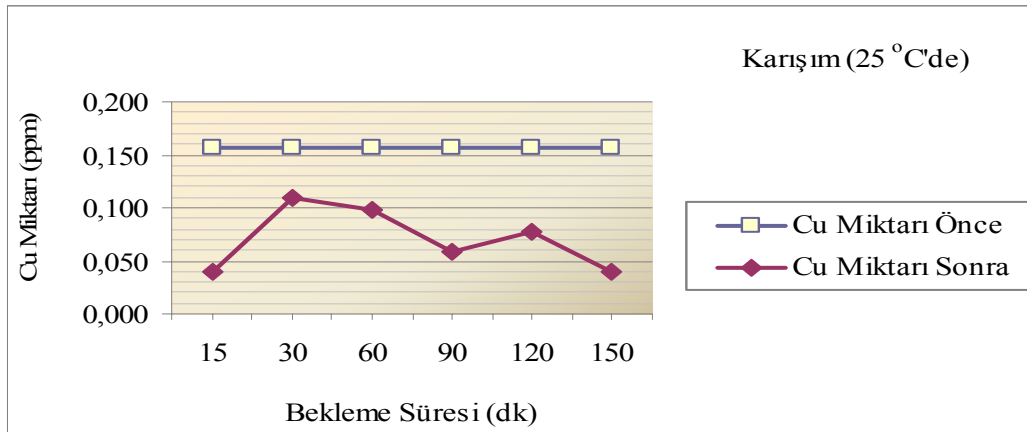
Şekil 4.128. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile magnezyum (Mg) miktarındaki değişim (45 °C'de, pit =2.5 gr).

Karışım atık suyuna pit ile yapılan uygulama sonrasında bakır (Cu) miktarındaki değişim için aşağıda verilen Çizelge 4.34. ve Şekil 4.129.-130.'da elde edilen bulgulara bakıldığında; 25°C sıcaklıkta 15, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika bekleme süreleri sonrasında başlangıç miktarı 0.157 ppm olan bakır miktarı sırası ile 0.039 ppm, 0.110 ppm, 0.098 ppm, 0.059 ppm, 0.078 ppm ve 0.039 ppm bulunmuş, 35°C sıcaklıkta 0.157 ppm, 0.137 ppm, 0.110 ppm, 0.078 ppm, 0.098 ppm ve 0.110 ppm bulunmuş olup 45°C sıcaklıkta ise yine sırası ile 0.078 ppm, 0.019 ppm, 0.157 ppm, 0.137 ppm, 0.019 ppm ve 0.078 ppm olarak bulunmuştur. 35 °C sıcaklıkta 15 dakika bekleme süresi sonrasında ve 45 °C sıcaklıkta 60 dakika bekleme süresi sonrasında hiçbir değişim görülmediği, en fazla azalma 45°C sıcaklıkta 30 dakika bekleme süresi sonrasında %87.90 oranında olduğu görülmektedir. Gündoğan ark. (2004). Gavurgölü'nden temin ettikleri organik toprak ile %97 oranında Cu (II) iyonlarını ortamdan uzaklaştırmayı başarmışlardır.

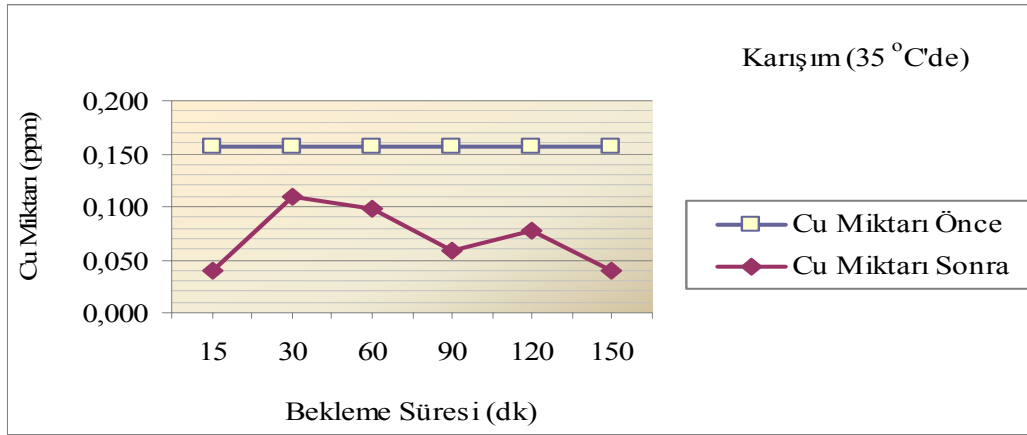
Çizelge 4.34. Karışım atık suyuna 25, 35 ve 45 °C'lerde, 2.5 gr pit eklenip 15, 30, 60, 120 ve 150 dakika sürelerde çalkalamalı su banyosunda bekletilen pit uygulaması öncesi ve sonrasında bakır (Cu) miktarı, değişim oranı ve kuyu suyundaki (Cu) miktarı.

Numune	Üretim çeşidi	Numune mik.(ml)	Doğal pH	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Pit mik.(gr)	pH*	Cu Miktarı önce (ppm)	Cu Miktarı sonra (ppm)	Değişim oranı (%)
1	Karışım	250	6.85	25	15	2.50	6.81	0.157	0.039	75.16
2	Karışım	250	6.85	25	30	2.50	6.95	0.157	0.110	29.94
3	Karışım	250	6.85	25	60	2.50	6.95	0.157	0.098	37.58
4	Karışım	250	6.85	25	90	2.50	6.98	0.157	0.059	62.42
5	Karışım	250	6.85	25	120	2.50	7.05	0.157	0.078	50.32
6	Karışım	250	6.85	25	150	2.50	7.08	0.157	0.039	75.16
7	Karışım	250	6.85	35	15	2.50	7.00	0.157	0.157	0.00
8	Karışım	250	6.85	35	30	2.50	7.00	0.157	0.137	12.74
9	Karışım	250	6.85	35	60	2.50	6.51	0.157	0.110	29.94
10	Karışım	250	6.85	35	90	2.50	7.14	0.157	0.078	50.32
11	Karışım	250	6.85	35	120	2.50	6.98	0.157	0.098	37.58
12	Karışım	250	6.85	35	150	2.50	7.12	0.157	0.110	29.94
13	Karışım	250	6.85	45	15	2.50	7.12	0.157	0.078	50.32
14	Karışım	250	6.85	45	30	2.50	7.23	0.157	0.019	87.90
15	Karışım	250	6.85	45	60	2.50	7.26	0.157	0.157	0.00
16	Karışım	250	6.85	45	90	2.50	7.22	0.157	0.137	12.74
17	Karışım	250	6.85	45	120	2.50	7.15	0.157	0.019	87.90
18	Karışım	250	6.85	45	150	2.50	7.17	0.157	0.078	50.32
19	Kuyu Suyu	250	6.85	-	-	-	-	0.039	-	-

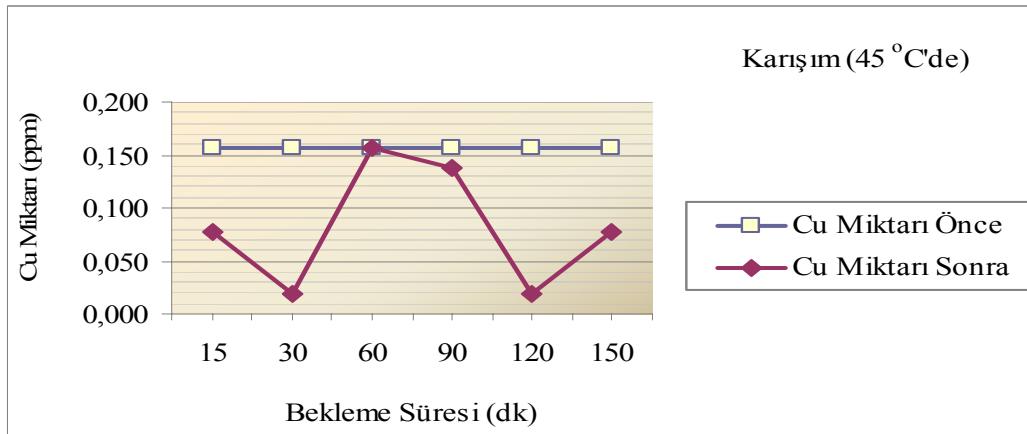
pH* : Pit ilavesi sonrası pH



Şekil 4.129. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (25 °C'de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.130. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (35 °C'de, pit =2.5 gr).



Şekil 4.131. Karışım atık suyuna süreye ve sıcaklığa bağlı olarak yapılan pit uygulaması ile bakır (Cu) miktarındaki değişim (45 °C'de, pit =2.5 gr).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çevre kirliliği günlük yaşantımızın en büyük tehdidi halini almıştır. Bu kirlilikte endüstriyel atık suların büyük bir payı bulunmakta endüstriyel atık su artımı her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Çevrenin en iyi korunabilmesi için en yüksek oranda geri kazanmayı ve en az kaynak kullanımını mümkün kılan yöntem ve tedbirlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Endüstriyel atık suların akarsu, deniz veya diğer alıcı artamlara bırakılmadan önce çeşitli yöntemlerle arıtılmaları, ayrıca atık su yönetmeliklerine göre zehirli maddelere ve inhibitörlerden belirli oranlarda ayrılmaları gerekmektedir. Aksi halde deşarj edildikleri sularda suyun oksijenini tüketmekte ve içerdiği maddeler nedeniyle akarsu, göl ve denizlerdeki canlı hayatını tehlikeye sokmaktadır.

Kahramanmaraş kağıt fabrikasında kullanılan taze ve atıksuların incelenmesi ve atırılması başlıklı bu çalışmada; kağıt fabrikası atık sularının pH'ı 7.68 iken flottasyon sonunda 7.02' ye, pit muamelesi sonucunda 6.88' e ve uçucu külü muamelesi ile de 6.60' a kadar düşmüştür. Yine atık suyun debisi 153 olup, flottasyon sonunda 160' a, ve uçucu kül muamelesi ile de 170' e yükselmiştir. Kimyasal oksijen isteği ise atık suda 2593 ppm iken, flottasyon işlemiyle 2476' ya, uçucu külü muamelesi ile de 551' e kadar düşmüştür. Balık biyo deniyinde ise pit uygulaması ve uçucu kül muamelesi sonunda 8 olarak belirlenmiştir.

Ağartma ve renk açma yöntemlerinden hidrojen peroksit ve ozon ile muamelesi sonunda atık su pH' ısı 7.68 iken flottasyon sonunda hidrojen peroksit ve ozon muamelesi sonunda pH 5.46 ya kadar düşmüştür. Debi hidrojen peroksit işleminde 153 den 158'e ozon muamelesi ilede 153 den 157' ye kadar yükselmiştir. KOİ baktığımızda ozon muamelesi ile 2593 den 993' e kadar düşmüştür.

AKM (ppm) atık suda 1920 iken flottasyon sonunda 1843' e, pit muamelesi ile 350' ye ve uçucu külü muamelesi ile de yaklaşık 61' e kadar düşmüştür. Hidrojen peroksit muamelesi sonunda 1920 den 280' e ve ozon muamelesi ilede 475' e kadar düşmüştür.

Atık suyun rengi koyu kahverengi iken sırasıyla flottasyon, pit, uçucu kül, hidrojen peroksit ve ozon muameleleri ile berrak renge kadar değişmiştir.

Söz konusu arıtma ve renk açma yöntemleriyle muamele sonunda inorganik maddelerden Na, Fe, Ca, K, Zn, Mg, Cu ve Pb miktarlarının bir kısmında azalma bir kısmında ise artışlar olduğu belirlenmiştir. Kahramanmaraş kağıt fabrikası üretiminde kullanılan kuyu suyundaki inorganik madde miktarlarına bakıldığında bazı inorganik madde miktarlarının fazla olduğu ve bununda direk olarak sonuçları etkilediği ve yüksek çıktığı görülmüştür. Bu nedenle kuyu suyu üretimde kullanılmadan önce pit veya uçucu kül ile muamele edilmeli ve daha sonra üretimde kullanılmalıdır.

Sonuç olarak; Kahramanmaraş kağıt sanayiinde farikanın enerji üretim santralinden günlük ortalama 13 ile 15 ton arası uçucu kül elde edilmektedir. Uçucu kül uygulaması ile Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yöneltmeliğinde verilen standartdeğerlere yaklaşıldığı görülmüş olup uçucu kül üzerine daha detaylı araştırma yapılarak uçucu külün değerlendirilmesi gerekmektedir.

Fabrikada şu anda kullanılmakta olan arıtma tesisi yeterli olmayıp bu çalışma sonuçları dikkate alınarak derhal atık suyun Çevre ve Orman Bakanlığı. Su kirliliği

kontrolü yönetmelik değerlerine uygun bir arıtma sağlanarak içerisindeki kırıntı elyaf, strafor, naylon v.b. maddelerin alınarak geri dönüşümü sağlanmalıdır.

Bu yaz küresel ısınmanın etkisi Kahramanmaraşda da belirgin olarak hissedilmiş olup, kağıt üretiminde ilk kullanımdan sonra atık suyun alıcı ortama bırakmanın yerine birçok kez kullanarak su israfının ve aşırı kullanımının önüne geçilmelidir.

Bu araştırma sonunda sözkonusu yöntemlerin uygulanması durumunda Kahramanmaraş kağıt fabrikası atık suları standartlarda verilen değerlere ve kağıt fabrikasının çevreyi kirletmeye olan etkisi en aza indirileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- ACEMLİOĞLU, B. ve ALMA, M. H., 2001.** Equilibrium Studies on Adsorption of Cu (II) from Aqueous Solution onto Cellulose. *Journal of Colloid and Interface Science.* 243. 81-84.
- ACEMLİOĞLU, B. ve ALMA, M. H. 2004.** Sorption of Copper (II) Ions by Pine Sawdust. *Holz. Roh. Werkst.* 62. 268-272.
- ACEMLİOĞLU, B., ALMA, M. H. ve GÜNDOĞAN, R. 2003.** Copper (II) Adsorption from aqueous solution gy hebaceous pit. *Journal of Colloid and Interfaca Science..* 243. 81-84.
- ACEMLİOĞLU, B. 2004.** Removal of Fe (II) Ions from Aqueous Solution by Calabrian Pine Bark Wastes. *Bioresource Technology.* 93. 99-102.
- AĞCA, N. 1998.** Atık Suların Toprak Ekosistemine Etkileri. I. Atık Su Sempozyumu 22-24 Haziran. *Bildiri Kitabı.* s.5-8. Kayseri
- AIRANNE, O. 1980.** Water andA ir Ptection in The Finnish Pulp and Paper Industry. *Paperi Ja Puu.* No: 5. pp. 353.
- AKGÜL, M. ve TUTUŞ. A., 1999.** Kağıt Hamuru Ağartılmasında Kloruz Ağartma Yöntemlerini Kullanarak Çevreye Olan Zararlarının Azaltılması. *Kent Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu '99.* s. 227-236. İstanbul.
- ALATON, A., SEREMENT, Ö. 2004.** Advanced treatment of Biotreated textile Industry WasteWater with ozone. vigin/ozonated Granular Activated Carbon and Their Combination. *Journal of Envorinmental Science and health. Part A V39-7.* pp:1681-1694.
- ANONİM, 2006.** Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı sektör görüşü.
- ANONİM, Aralık 1993.** Kağıt Sanayi ve Seka Balıkesir Müessesesi tanıtım kitapçığı s:1
- ANONİM a, Haziran 2007.** Kahramanmaraş kağıt sanayi ve ticaret anonim şirketi kağıt fabrikası arşivinden alınan bilgiler.
- ANONİM b, Temmuz 2007.** http://www.cevreorman.gov.tr/su_00.htm. Su.
- ANONİM c, Temmuz 2007.** <http://www.grad.cmu.ac.th/abstract/2000/eng/abstract/eng04008.html>. Performance of Up-flow Anaerobic Filter Treating Wastewater From Saa paper Industry
- ARIBERT, M. 1954.** La Fabrication du Papier et des Pates a Papier. EFP. Grenoble. 34 pp
- ASFOUR, H.M., NASAR, M.M., FADALAI, O.A. and EL-GEUNDI, M.S. 1985.** Color Removal from Textile Effluents Using Hard-Wood Sawdust as an Absorbent. *J. Chem.Tech.Biotechnol.* 35 A. pp. 28-35
- BAILEY, S.E., TRUDY, I., BRICKA, M. and DEAN ADRIAN, D. 1999.** A Review of potentially Low-Cost Sorbets for Heavy Metals. *Wat. Res.* 33 (11). pp.2465-2469.
- BAŞIBÜYÜK, M., YÜCEER, A. ve YILMAZ, T. 1998.** Tekstil Atık Sularından Renk Giderilmesinde Kullanılan Teknolojiler. I. Atık Su Sempozyumu 22-24 Haziran. *Bildiri Kitabı.* pp. 82-86. Kayseri.
- BENEFIELD, L.D., JUDKINDS, J.F. and WEAND, B.L. 1982.** Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment. Pp. 201-205. Newjersy.
- BENERJEE, K., CHEREMISINOFF, P.N. and CHANGE. S.L. 1997.** Adsorption Kinetics ofOxylene by Flyash. *Water Res.* 31(2). pp249-261.

- CALBERG, G.E. and STUTHRIDGE, T.R. 1996.** Environmental Fate and Distribution of Substans . Environmental Fate and Effects of Pulp and paper Mill Effluents. pp. 169-176. USA.
- CASEY, J.P. 1961.** Pulp and Paper. Vol.: II. Paper Making. Interscience Publishers Inc. New York. pp. 581-822.
- CASEY, J.P. 1966.** Pulp and Paper . Pulping and Bleaching Second Print. Interscience Publ.. Volume: 1. pp.535. New York.
- CASEY, J.P. 1980.** Pulp and Paper. Third Edition. Interscience Publishers Inc. New York
- CHEN, C. and WANG, J. 2007.** Removal of Pb(2+), Ag(+), Cs(+) and Sr (2+) from aqueous solution by brewery's waste biomass.Laboratory of Environmental Technology. INET. Tsinghua University. Beijing 100084. PR. China.J Hazard Mater. 2007 May 21
- CHIAVERINA, J. 1963.** Micrographie et Biologie Papetières. EFP. Imprimeries Réunies de Chambéry. pp. 91. Grenoble.
- CHIAVERINA, J. 1974.** Elements d'Épuration des Eaux Usées. EFP.Inpg. pp. 10.Grenoble.
- CLARK, J. 1984.** New Thought on Cellulose Bonding. Tappi. Vol.:67. No:12. pp.82-83.
- DAHIYA, P.R., DAVI, R. 2006.** Chemical Oxygen Demand (COD) reduction in domestic wastewater by fly ash and brick kiln ash. Water, air and soil pollution. V 174:1-4. pp:33-46.
- DIEZ, M.C., MORA, M.L. and VIDALE, S. 1999.** Adsorption of Phenolic Compounds and Colour from Bleached Kraft Mill effluent Using Aliphatic Compounds. Wat. Res. 33(1). pp. 125-130.
- DOĞAR, Ç. 2000.** Bazı Reaktif Boyaların Elektrokoagülasyonunun Kavramsal ve İstatistiksel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. s. 32-35. Eskişehir.
- DPT, 2000.** Kağıt Sanayii Özel İhtisas Komisyon Raporu. DPT (2000) Kağıt Sanayii Özel İhtisas Komisyon Raporu. yayın No: DPT: 2525- ÖİK: 541. Ankara
- RIZO, A., FORST, C.A., GARCE, A. and SMITH, K.A. 1999.** Physico-Chemical Screening of Phosphate Removing substrate for Use in Constructed Wetland Systems. Wat. Res. 33 (17). pp.3595-3602.
- EL-GOHARY, F.A. and NAVAR, S.S.. 1987.** Edible oil Wastewater Treatment Proceeding Of The International Symposium Environmental Management. Environmental. 87(1). pp. 351-336
- ERDEM, E., ÇÖLGEÇEN, G. ve DONAT, R. 2005.** The Removal of Textile Dyes by Diatomite Earth. Journal of Colloid and Interface Science. 282. 314-319.
- ERDOĞAN, O.E. 1995.** SEKA Çaycuma Müessesesi atık su arıtma tesisi. Seka dergisi. sayı.51 s:7-9. Kocaeli.
- EROĞLU, H. 1976.** Synthèse des Polymères Sulfonés et Étude de Leurs Certaines de Possibilités d'Utilisations Dans la Fabrication du Papier. Thèse de Docteur Ingénieur. USMG. Grenoble
- EROĞLU, H. 1977.** Su kirlenmesi ölçülmesinde ana kavramlar ve arıtma yöntemlerinin genel olarak tanıtılması. Bilim ve Teknik Dergisi. sayı.110. s:15-20.
- EROĞLU, H. 1978.** Çevre kirlenmesi ve korunması. Ders notları . KTÜ Orman Fakültesi. Orman End. Müh. Bölümü. s:86. Trabzon.

- EROĞLU, H. 1979.** Kağıt Fabrikasyonu Ders Notları. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 29. s. 236.
- EROĞLU, H. 1981.** Oksijen Alkali Yöntemiyle Odun Yongasının Pişirilmesi ve Kağıt hamurlarının Ağartılması.K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi. 2: 314-315.Trabzon.
- EROĞLU, H. 1990.** Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. Ders kitabı. KTÜ. Trabzon
- EROĞLU, H. ve USTA, M. 2004.** Kağıt ve karton üretim teknolojisi. Ders kitabı. s: 323-325. KTÜ. Trabzon
- GEORGE, P. 1973.** L'Environnement. Que Sais-Je. Presses Universitaires de France. 108 Boulevard Saint Germain. Paris.
- GOBAIN, S. 1973.** Traitement des effluents. Brochure Technique. 92400-Courbevoie-France.
- GRUPTA, G.S., PRASAD, G. and SING, V.N. 1990.** Removal of Chorme Dye from Aqueous Solution by Mized Adsrbent : Fylash and Coal. Wat. Res. 24 (1). pp.45-50.
- GUERRE, H. and LOUIS, C. 1961.** Pratique de l'Assainissement de Agglomérations. Edition Eyrolles. Paris.
- GÜNDOĞAN, R., ACEMLİOĞLU, B. ve ALMA, M. H. 2004.** Copper (II) Adsorption from Aqueous Solution by Herbaceous Pit. Journal of Colloid and Interface Science. 269. 303-309.
- GÜRSES, A. ve BAYRAKÇEKEN, S. 1996.** Deneysel Fizikokimya. Atatürk Üniversitesi yayınları No:807. s. 65-59. Erzurum
- HEINRICH, D. 1995.** Wastewater treatment in a company with advanced demands for water quality. Heinrich Umweltschutztechnik Ingenieurgesellschaft mbH. Grobe Strabe 124 b 21075 Hamburg Germany. Water Science and Technology Vol 32 No 7 pp 143–150 © IWA Publishing 1995
- HEMLING, O., SUESS, H.U., MEIER, J. and BERGE, M. 1989.** Mill Experience With Oxygen and Hydrogen Peroxide Bleaching Stages. Tappi Journal. pp.55-61.
- İLYASOĞLU, E. 2000.** www.net.yorum.com.htm (Prof.Dr.Eyüp İlyasoğlu) - 2000.10.05
- JAYAWEERA, MW., KASTURIARACHCHI, JC., KULULARATNE, RK., WIJEYEKOON, SL. 2007.** Contribution of water hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) grown under different nutrient conditions to Fe-removal mechanisms in constructed wetlands. Department of Civil Engineering. University of Moratuwa. Sri Lanka. J Environ Manage. 2007 Mar 23.
- KAĞITÇI, M.A. 1977.** Kağıdın gelişimi. Eczacıbaşı Dergisi. Sayı:4 . Ekim .s. 6-11
- KAO, P.C., TZENG, J.H. and HUANG, T.L. 2000.** Removal of Chlorophenols from Aqueous Solution by Flyash. Journal of Hazardous Materials. 76 (2-3). pp. 237-249.
- KLINE, J.E. 1982.** A Pulp and Paper Book. pp. 174. M.Frener. Publications. inc. San Fransisco. pp.174.
- KONDURU, R.R. and VIRAGHAVAN, T. 1995.** Dye Removel Using Low Cost Adsorbents. Wat. Sci. Tech. 36(2-3). pp.189-196.
- KOPARAL, S.A. 1991.** Sudaki Boyar Maddelerin Bir Elektro Kimyasal Reaktörde Renklerinin Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. s. 3-10. Eskişehir
- KOROLEWICZ, T., TUREK, M., CIBA, J. and CEBULA, J. 2001.** Speciation and removal of zinc from composted municipal solid wastes.Institute of Chemistry. Inorganic Technology and Electrochemistry and Institute of Water and Wastewater Engineering. Silesian University of Technology. 44-101 Gliwice. Poland.Environ Sci Technol. 2001 Feb 15;35(4):810-4.

- KURNIAWAN, TA., CHAN, GYS., Lo, WH and BABEL., S. 2006.** Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. Chemical Engineering Journal. Vol.118. No.1-2. 83-98. 2006
- LEVINE, I.N. 1988.** Physical Chemistry 3th Edition. Mc Graw-Hill. Inc. pp.364-379. USA.
- LIMAN, B. 1998.** Atık Sulardan Kaynaklanan Çevre Sorunları. I. Atık Su Sempozyumu 22-24 Haziran. Bildiri Kitabı. s.1-4. Kayseri.
- LUNA, Y., FERNANDEZ PEREIRA, C., VALE, J., QUERO, X. and VILCHES, J. 2002.** Utilisation of Zeolitised Coal Fly Ash As Immobilising Agent of a Metallurgical Waste. Journal of Chemical Technology and Biotechnology . Vol. 77. Núm. 3. 2002. Pag. 305-310
- MOUNTNER, A.H., SOUZA, L.C. and SILVA, C.M. 2007.** Potential for Enhancement of Aerobic Biological Removal of Recalcitrant Organic Matter in Bleached Pulp Mill Effluents. Environmental Technology. Volume 28. Number 2. February 2007 . pp. 157-164(8).
- MALİK, P. K. 2004.** Dye Removal from Wastewaters Using Activated Carbon Developed from Sawdust: Adsorption Equilibrium and Kinetics. Journal of Hazardous Materials. 113. 81-88.
- MAUCHAUFFEE, S. and MEUX, E. 2007.** Use of sodium decanoate for selective precipitation of metals contained in industrial wastewater. Laboratoire d'Electrochimie des Matériaux. CNRS UMR 7555. Université de Metz. 1 Boulevard Arago. CP 87811. 57078 Metz cedex 3. France. Chemosphere. 2007 Jun 20.
- Mc GOVERN, 1982.** Fiber Used in Early Writing Papers. TAPPI. Vol.:65. No: 12. P. 57
- MOARIS, L.C., FREITAS, O., GONCALVES, E.P., VASCONCELOS, L.T. and GONZALES BEÇA, C.G.. 1999.** Reactive Dyes Removal form Wastewater by Adsorption on Eucalyptus Bark: Variables That Define The Process. Wat. Res. 33(1). pp.979-988
- MOILANEN, P., HYNINEN, P., HAGGBLOM, and VUORISALO, R. 1980.** Mechanical and Biological Treatment of Wastewater from an Integrated Paper and Pulp industry. Paperi Ja Puu.
- MYERS, M., EDWARDS, L., HAYNES, J. 1989.** Oxygen Delignification System: Synthesizing The Optimum Design Tappi Journal. 72. 4: pp. 131-134.
- NASSER, Y.Z. 1971.** Sur l'Aptitude Papetiere de la Papille de Riz d'Iran. Epuration Biologique dee Eaux Residuaires de Cuisson. These de docteur Ingenieur. EFP. GRENOBLE. Pp.177.
- NICOLET, L. And ROTT, U. 1999.** Recirculation of powdered Activated Carbon for The Adsorbsiyon of Dyes in Municipal Wastewater Treatment Plants. Wat. Sci. Tech. 40(1). pp. 191-198
- NOVIPR, O. 1979.** The Laser Zeta Meter. Brochure Technique.
- ÖZDEMİR, F. 2006.** Ofis. Oluklu. Kuşe ve Gazete Atık Kağıtlarına Reçine ve Şap İlevesinin Kağıt Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek lisans Tezi. KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. s. 1-2. Kahramanmaraş
- ÖZDEMİR, G. 1993.** Suda Çözünmüş Tek Halkalı Aromatik Bileşiklerin Aktif Karbonla Adsorpsiyonu. Kimya Müh.Kongresi. s. 279-284.
- PANDAY, K.K., PRASAD. G., and SINGH, V.N. 1985.** Copper (II) Removal from Aqueous Solution by Fly ash. Wat. Res. 19. pp. 869-873.

- PATT, R., KORDSACHIA, O. and SCHUBERT, H.L. 1992.** Laboratory and Pilot Plant Scale ASAM Pulping of Softwood and Hardwoods and Choline Free Bleaching of The Resulting Pulps. Proc. Braz. Symp.Chemistry Lignins Other Wood Compan. 2ND. 3:56-57.
- PEHLİVAN, E. ve ALTUN, T. 2007.** Ion-exchange of Pb²⁺. Cu²⁺. Zn²⁺. Cd²⁺. and Ni²⁺ ions from aqueous solution by Lewatit CNP 80. Department of Chemical Engineering. Selçuk University. Campus. 42071 Konya. Turkey. J Hazard Mater. 2007 Feb 9;140(1-2):299-307. Epub 2006 Sep 14.
- ROSEN, J.M. 1978.** Surfactantn and İnterfacial Phenomena. pp. 32-34. Newyork.
- SAHU, R. 2002.** Fly ash based low cost method for COD removal from domestic waste water. Center for
- SAINT GOBAIN TECHNIQUES NOUVELLES, 1973.** Traitement des Effluents. Brochure Technique. 92422-Courbevoie- France
- SCAN TEST, 1973.** Scandinaivan pulp. Pulp and Board Committee. s.1486 Stockholm-Sweden
- SCHMIT, R.C. 1981.** Lignin and Its Degradation Products are the Main Contributors to the Color and Toxicity of Bleach. TAPPI. Vol.: 64. No: 12. pp. 63.
- SEELSAEN, N., MCLAUGHLAN, R., MOORE, S. and STUETZ, R.M., 2007.** Influence of compost characteristics on heavy metal sorption from synthetic stormwater. Water Science & Technology Vol 55 No 4 pp 219–226 © IWA Publishing 2007 doi:10.2166/wst.2007.112
- SETHILKUMAAR, S., VARADARAJAN, P. R., PORKODI, K. and SUBBHURAAM, C. V. 2005.** Adsorption of methylene blue onto jute fiber carbon: kinetics and equilibrium studies. Journal of Colloid and Interface_Science. 284. 78-82.
- SHAH, D.B. 1994.** Fundamentals of Adsorption. Chemical Engineering Education. pp.250-253.
- SHENG, H.LIN. 1993.** Adsorbstion of Disperse Dye By Powdered Activated Carbon. J. Chem. Tec. Biotechnology. 57. pp.378-391.
- SRIVASTAVA, C.V., MALL, I.M. 2005.** Treatment of pulp and paper mill wastewaters with polaluminium chloride and baggase fly ash. Colloids surf.. A. Physicoclem eng. Asp. V 360;1-3. pp:17-28.
- SRIVASTAVA, S.K., TYAGI, R., PANT, N. and PAL, N. 1989.** Studies on The Removal of Some Toxic metal İoons. Part II (Removel of Lead and Cadmium by Montmorillonite and Kaoline). Environmental Technology Letters. 10 pp. 275-282
- ŞENGÜL, F. ve TÜRKMAN, A. 1991.** Su ve atık su analizleri kitabı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendslik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü. s.154-156. Bornova/ İzmir.
- TREILLE, R. 1974.** Traitement des Effluents Indutriels Par Flottation. ATIP. Vol.:28. No:4. pp. 197.
- TUTUŞ, A. 1996.** Kimyasal Termomekanik Yöntemle Elde Edilen Kağıt Hamurunun (CTMP) Hidrojen Peroksit ile Ağartılması. KTÜ. Yüksek Lisans Tezi. pp. 87. Trabzon.
- TUTUŞ, A. ve AKGÜL, M. 2001.** Mersin Atık Kağıtların Geri Kazanılması. T.C. Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Çevre Mühendisliği Bölümü. Sanayi ve Çevre Sorunları. Bildiriler El Kitabı. s. 223-232. Nisan 2001. Mersin

- TUTUŞ, A. ve EROĞLU, H. 1998.** Kağıt Fabrikası Atık Sularının Çevreye Olan Zararları ve arıtılması. I. Atık Su Sempozyumu 22-24 Haziran. Bildiri Kitabı. s. 87-92. Kayseri.
- TUTUŞ, A. ve KARADEMİR, A. 2002.** Proceedings of the Fourth GAP Engineering Congress. 06-08 June . Şanlıurfa.
- TÜNAY, O. 1996.** Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler. 1. Baskı. İ.T.Ü. Basımevi. İstanbul.
- UĞURLU, M. 2002.** Kağıt Endüstrisi Atık Sularının Adsorbsiyon ve elektro Kimyasal Metotlarla arıtılması. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. s.2-6. Erzurum
- ULUSAL KAĞIT SEMPOZYUMU.** 1-2-3-4 (2001) Cilt 4 sayı 2
- UYSAL, Y. ve ZEREN, O. 1998.** Yüzen Su Bitkisi(Lemna Minor L.)’nin Atık Su Arıtım sisteminde Kullanımı. I. Atık Su Sempozyumu 22-24 Haziran. Bildiri Kitabı. pp. 242-248. Kayseri.
- VILARS, J. 1978.** Course de Formation Papetiere. Papier. Realise et Edite par Le Centre Tenhnique de Papier-Grenoble. 151 pp.
- VINOD, K. and IMRAN, A. 2001.** Removal of Lindan and malthion From Wastewater Using Bagasse Flyash- a Sugar Industry Waste. Wat. Res. 35(1). pp. 33-40.
- VIRAGHAVAN, T. and KAPOOR, A. 1994.** Adsorption of Mercury from Wastewater by Bentonite. Appl. Clay Sci. 9. pp. 31-49.
- WENG, C.H. and HUANG, C.P. 1994.** Treatment of Metal in Industrial Wastewater by Flyash and cement Fixation. J. Environ. Eng. 120. pp.1470-1487.
- WILCOX, R.P. and HUGINS, J.S. 1980.** The Operation of a Waste Treatment Plants. Process Dynamic Considerations. TAPPI. VI.:63. No: 2.
- YADAVA, K.P., TYAGI, B.S., PANDAY, K.K. and SINGH, V.N. 1989.** Fly Ash for The Tretment of Water Enrichhed in Lead (II).J. envir. Health. Part A. 24. pp.783-808.
- YALVAÇ, M. ve KUMBUR, H. 1998.** İçel ili sahil yerleşim beldelerinde içme ve kullanma sularında nitrat. nitrit. deterjan ve fosfat düzeylerinin ve kaynaklarının araştırılması. 1. Atık su sempozyumu. s:406-412. Kayseri
- YILDIZ, Y.Ş. 1998.** Endüstriyel Atık Sulardan MF-PAC Projesi ile Fenol Giderimi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. s.12-17. Erzurum.
- ZHANG, H. 2004.** In-situ speciation of Ni and Zn in freshwaters: comparison between DGT measurements and speciation models. Environ Sci Technol. 2004 Mar 1;38(5):1421-7. Environmental Sciences. IENS. Lancaster University. Lancaster LA1 4YQ. United Kingdom.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Adıyaman’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimini K.Maraş’ta yaptıktan sonra 1997 yılında girdiğim İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden 2001 yılında mezun oldum. Vatani görevimi 2001 yılında Hakkari Dağ ve Komando Tugay’ında yaptım. 2004 yılında yüksek lisans öğrenimine başladım. 2005 yılı ocak ayında Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında çalışmaya başladım. Halen Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Vardiye Mühendisi olarak çalışmaktayım.